

Российское общество оценщиков



**ЭНЦИКЛОПЕДИЯ
ОЦЕНКИ**

А.И. ПОПЕСКО,
А.В. СТУПИН,
С.А. ЧЕСНОВ

ИЗНОС ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ ОЦЕНКЕ ИХ РЫНОЧНОЙ СТОИМОСТИ

РОССИЙСКОЕ ОБЩЕСТВО ОЦЕНЩИКОВ



А.И. ПОПЕСКО, А.В. СТУПИН, С.А. ЧЕСНОКОВ

ИЗНОС ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ ОЦЕНКЕ ИХ РЫНОЧНОЙ СТОИМОСТИ

Учебное пособие

Москва

2002

УДК 62-1.004.6:330.133.2.003.12
ББК 65.9(2)305.8-86 я7
П573

Рецензенты:

А.П. Ковалев, д-р экон. наук, профессор,
зав. кафедрой "Производственный менеджмент" МГТУ "Станкин";
Р.Г. Леонтьев, д-р экон. наук, профессор, главный научный сотрудник
вычислительного центра ДВО РАН;
Р.М. Магомедов, профессор, зав. кафедрой
"Государственное управление и региональная экономика"
Дагестанского государственного технического университета

Попеско А.И., Ступин А.В., Чесноков С.А.
П573 Износ технологических машин и оборудования при оценке их
рыночной стоимости: Учебное пособие. – М.: ООО "Российское
общество оценщиков", 2002. – 241 с.: ил. (Сер. "Энциклопедия
оценки").
ISBN 5-93027-010-4

В данном учебном пособии изложены вопросы, касающиеся износа технологических машин и оборудования при определении их рыночной стоимости. Приведены методы расчета коэффициентов физического, функционального, внешнего и накопленного износов с пояснениями на конкретных примерах. Значительное внимание уделено описанию видов эксплуатационных повреждений, основам технической диагностики и оценке технического состояния машин и оборудования, что особенно полезно для специалистов, имеющих базовое экономическое образование. Приведены технические характеристики специальных кузнечно-прессовых машин и автоматизированных комплексов кузнечно-штамповочного производства и металлорежущих станков.

Книга предназначена для студентов высших учебных заведений, обучающихся со специализацией в области "Оценка стоимости предприятий (бизнеса)" и "Оценка стоимости машин, оборудования и транспортных средств", а также для слушателей программ переподготовки по оценке стоимости и специалистов оценочных фирм.

Ил. 23. Табл. 22. Библиогр. 26 назв. Прил. 3.

УДК 62-1.004.6:330.133.2.003.12
ББК 65.9(2)305.8-86я7

ISBN 5-93027-010-4

© ООО "Российское общество оценщиков", 2002

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие.....	5
Введение.....	6
1. Общие сведения о износе технологических машин и оборудования.....	15
1.1. Виды износа.....	15
1.2. Физический износ	17
1.3. Функциональный износ.....	21
1.4. Внешний износ.....	26
1.5. Накопленный износ.....	27
1.6. Модели обесценивания.....	32
1.7. Надежность. Связь физического износа с ресурсом и сроком службы.....	36
1.8. Периоды изнашивания узлов трения машин и оборудования.....	40
1.9. Предельные износы и сроки службы	42
1.10. Классы износостойкости.....	47
2. Методы определения коэффициента физического износа	50
2.1. Общие сведения.....	50
2.2. Метод эффективного возраста.....	50
2.3. Метод стадии ремонтного цикла.....	53
2.4. Метод снижения доходности.....	55
2.5. Метод поэлементного расчета.....	56
2.6. Учет устранимого и неустраанимого износов при определении коэффициента физического износа....	58
2.7. Метод снижения потребительских свойств.....	61
2.8. Метод анализа динамики производительности.....	64
2.9. Метод экспертизы состояния.....	65
2.10. Метод корреляционного анализа.....	67
2.11. Прямой метод.....	69
2.12. Бухгалтерские методы начисления износа.....	70
3. Оценка технического состояния машин и оборудования	76
3.1. Общие сведения.....	76
3.2. Классификация машин и оборудования.....	78
3.3. Показатели качества машин и оборудования.....	86
3.4. Номенклатура показателей качества.....	92
3.5. Методы определения показателей качества.....	96
3.6. Состояния объектов оценки и методы их исследования...	99
3.7. Краткосрочные оценочные испытания металлорежущих станков.....	101
3.8. Визуальный осмотр машин и оборудования.....	104

3.9. Экспресс-анализ машин и оборудования.....	111
4. Основы теории технической диагностики.....	112
4.1. Основные понятия и определения.....	112
4.2. Системы технического диагностирования.....	116
4.3. Алгоритм диагностирования.....	119
4.4. Модели объектов диагностирования.....	120
4.5. Диагностическое обеспечение.....	121
5. Виды эксплуатационных повреждений.....	123
5.1. Общие сведения.....	123
5.2. Водородное изнашивание.....	126
5.3. Абразивное изнашивание.....	127
5.4. Гидроабразивное (газоабразивное) изнашивание.....	129
5.5. Кавитационное изнашивание.....	130
5.6. Гидроэрозионное (газоэрозионное) изнашивание.....	132
5.7. Усталостное изнашивание.....	133
5.8. Изнашивание при фреттинге.....	135
5.9. Изнашивание при заедании.....	136
5.10. Окислительное изнашивание.....	137
6. Виброакустическая диагностика машин и оборудования.....	140
6.1. Назначение и сущность виброакустической диагностики.....	140
6.2. Структура системы виброакустического диагностирования.....	142
6.3. Возбуждение колебаний в механических системах.....	144
6.4. Представление виброакустического сигнала.....	148
6.5. Выделение диагностической информации.....	149
6.6. Связь технического состояния машин и оборудования с виброакустическим сигналом.....	156
6.7. Параметры промышленного шума.....	161
Глоссарий.....	163
Список литературы.....	170
Приложение 1. Пример определения рыночной стоимости технологического оборудования цеха по изготовлению колбасных изделий.....	172
Приложение 2. Технические характеристики металлорежущих станков.....	192
Приложение 3. Технические характеристики кузнечно-прессовых машин и комплексов.....	210

ПРЕДИСЛОВИЕ

Учебное пособие выполнено в соответствии с российскими стандартами и нормативными документами, Международными стандартами оценки и стандартами Российского общества оценщиков. В нем учтены основные научные и методические публикации по проблемам определения различных видов износа технологических машин и оборудования при оценке их рыночной стоимости.

Большое внимание уделено качеству машин и оборудования, что является особенно важным при определении физического износа местом снижения потребительских свойств. Вопросы, посвященные технической диагностике, позволяют оценить остаточный срок службы машин и оборудования, а следовательно, и их эффективный возраст.

В пособии также рассмотрены вопросы, посвященные бухгалтерским методам начисления износа.

Приведен пример определения рыночной стоимости оборудования с учетом его износа, а также сведения о технических характеристиках и стоимости кузнечно-прессовых машин и комплексов и металлорежущих станков. Данный материал будет полезен при подборе аналогов оцениваемых машин и оборудования.

Предлагаемая книга может оказать значительную помощь в практической работе по оценке стоимости машин и оборудования. Она, несомненно, займет достойное место в серии публикаций "Энциклопедия оценки", которая вот уже много лет выпускается общественной организацией "Российское общество оценщиков". В данной серии в разное время выходили следующие издания, пользующиеся популярностью и сегодня: Генри С. Харрисон "Оценка недвижимости", "Организация оценки и налогообложения недвижимости" под редакцией Джозефа К. Эккерта; Глен М. Десмонд, Ричард Э. Келли "Руководство по оценке бизнеса"; М.А. Федотова "Сколько стоит бизнес?"; "Толковый словарь оценщиков" под редакцией А.Г. Грязновой; Е.И. Тарасевич "Оценка недвижимости"; А.В. Верховина "Правовое регулирование оценочной деятельности"; "Оценка недвижимости" в 2-х томах и другие.

Авторы выражают искреннюю признательность доктору экономических наук, профессору, заведующему кафедрой "Производственный менеджмент" МГТУ "Станкин" А.П. Ковалеву за ценные замечания и пожелания, которые были учтены в данной работе, а также кандидату технических наук, доценту О.И. Анцыгину и Ю.Ю. Катунцевой за помощь, оказанную при подготовке рукописи к изданию.

ВВЕДЕНИЕ

Анализ современного состояния парка технологического оборудования в России

В настоящее время, вследствие резкого сокращения объема выпуска станкостроения, структура парка оборудования на промышленных предприятиях в Российской Федерации является сильно устаревшей по сравнению с ведущими промышленно развитыми странами. Это наглядно иллюстрируют данные расчета специалистов "Росстанкоинструмента", приведенные в таблице.

Возрастная структура парка технологического оборудования на промышленных предприятиях Российской Федерации

Вид оборудования	Парк на конец 1992 г.	Произведено в 1993–1995 гг.	Парк на конец 1995 г., в том числе в возрасте			
			Всего	до 5 лет	от 5 до 10 лет	от 10 до 20 лет и старше
Металлорежущие станки	2 077 706	78 000	1976 170	310 600 15,7%	415 170 21,0%	624 000 31,57%
Кузнечно-прессовое оборудование	516 513	12 600	435 535	44 419 16,2%	106 534 24,5%	167 000 38,34%

На конец 1992 г. по отчету Госкомстата РФ на предприятиях машиностроительных отраслей было установлено около 2,1 млн единиц металлорежущих станков, из них 22% составляла группа токарных станков, 19,28% – сверлильных, 2,55% – расточных, 10,49% – шлифовальных, 6,62% – токарных автоматов и полуавтоматов, 12,94% – фрезерных, 2,6% – зубообрабатывающих станков, 7,9% – металлорежущих импортных станков, 4,96% – станков с ЧПУ. Доля оборудования с возрастом свыше 15 лет составляла более 70%. Доля станков с возрастом свыше 10 лет превышала 62%.

В отраслях промышленности действовали 598 производственных систем, 1009 гибких производственных модулей (ГПМ) и 6264 автоматических и полуавтоматических линий, 1010 из которых кузнечно-прессовые, 6834 единицы промышленных роботов.

Для сравнения приведем данные о парке оборудования в США, который по численности единиц близок к парку в Российской Федерации. Здесь установлено 240 тыс. единиц оборудования с ЧПУ, 23 тыс. комплексов автоматических линий, 43 тыс. штук роботов. Парк кузнечно-прессового оборудования, характеризующий уровень заготовительного производства, составляет 23,4% от всего металлообрабатывающего оборудования.

Доля оборудования с возрастом до 10 лет в США составляет 65%. В США выдвинута программа "реиндустриализации", предусматривающая

такое повышение технического уровня промышленности, которое обеспечивало бы сокращение общей численности основных производственных рабочих в обрабатывающей промышленности с 21,7% в 1987 г. до 3...5% в 2000 г., в первую очередь, за счет внедрения автоматизированных систем производства. Доля станков с ЧПУ в общем станочном парке характеризует уровень автоматизации, этот показатель в Германии – 22%, а в Японии – 13,2%, а то время как в бывшем Советском Союзе он не превышал 5,4%.

За период с 1991 по 1998 гг. в стране значительно сократился уровень промышленного производства. Наибольшее снижение производства произошло в легкой промышленности – на 85%, машиностроении – на 66%, промышленности стройматериалов – на 64%, лесной, деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной – на 61%, черной металлургии – на 42%. Такое падение производства наложило отпечаток на конкретные виды продукции в натуральном выражении. В 1995 г. по сравнению с 1991 г. производство автомобилей упало в 5 раз, тракторов – в 8,5 раза, зерновых комбайнов – в 9 раз, холодильников и морозильников – в 2 раза, телевизоров – в 4,5 раза.

Сокращение производства в основных отраслях промышленности – потребителей металлорежущих станков, кузнечно-прессовых машин, деревообрабатывающего оборудования, инструмента – решающим образом повлияло на выпуск этой продукции в станкостроительной отрасли. В 1995 г. по сравнению с 1991 г. производство металлорежущих станков составило 25,2% (17,07 тыс. шт. против 67,5 тыс. шт.), кузнечно-прессовых машин – 9% (2,08 тыс. шт. против 23,9 тыс. шт.), деревообрабатывающих станков – 41% (10 тыс. шт. против 29,5 тыс. шт.), литейных машин – 16%, металлообрабатывающего инструмента – 42%, абразивного инструмента – 33%, алмазного инструмента – 30%. Практически прекращен выпуск станков с ЧПУ.

В станкостроительной и инструментальной промышленности России в парке металлорежущего оборудования находилось 75,4 тыс. металлорежущих станков, 11,04 тыс. единиц кузнечно-прессового оборудования (КПО), 6 гибких автоматизированных систем (линии участков), 25 автоматических и полуавтоматических линий. Более 60% всего оборудования имеет возраст свыше 10 лет. Доля финишного оборудования (расточные, шлифовальные, зубообрабатывающие станки) составляет 26,7%, а станков с ЧПУ – 8%.

Доля импортных станков – около 8%, КПО – 5,1%.

Доля обновляемого оборудования в 2 раза ниже, чем в США.

В настоящее время происходит дальнейшее ухудшение структуры парка и его резкое старение. Для производства продукции с частой сменяемостью (в условиях рынка) нужно коренным образом изменить структуру производственных фондов.

Проблема обновления парка оборудования обусловлена главным образом воспроизводственными возможностями станкостроения. Устойчивый спад производства привел к значительной потере кадров, поэтому сейчас трудно произвести продукцию, освоенную 5–10 лет назад. Тем не менее, состояние основных фондов, набор финишного оборудования, определяющего точность и качество обработки, а также сохранившийся персонал на станкостроительных предприятиях еще позволяют при определенных условиях выпускать вполне конкурентоспособное оборудование.

В основном станкостроение Российской Федерации способно успешно воспроизводить многие современные мировые технологии станкостроения, однако для этого потребуются огромные средства. Исключением являются современные гибкие производства, сверхточные станки отдельной номенклатуры. По этому виду оборудования в ближайшее время едва ли удастся изменить ситуацию и создать конкурентоспособные машины.

Существует ряд направлений, где в силу определенных условий (консервативности отдельных групп оборудования, достигнутых ранее успехов, особенности потребности, стартовых условий заводов и т.п.) наше отставание не оказалось столь значительным и, очевидно, для выхода на современный уровень в этих областях потребуется меньше средств.

Развитие отечественного станкостроения невозможно прогнозировать без учета состояния парка оборудования в стране. Это относится как к возрастному составу, так и к потребительским свойствам оборудования.

Возрастная структура парка выглядит слишком устаревшей. Так, доля оборудования (по состоянию на 1995 г.) до 5 лет составляет 15,7%; от 5 до 10 лет – 21%; от 10 до 20 лет – 31,57%; от 20 лет и более – 31,72%.

С учетом мировых тенденций оборудование с возрастом более 20 лет вообще не должно использоваться. У нас же такое оборудование доминирует.

Необходимо обновление парка оборудования в основных отраслях. Это связано как с возрастным составом оборудования, так и с его потребительскими свойствами.

С учетом мировых тенденций специалисты "Росстанкоинструмента" рекомендуют следующую структуру парка оборудования. Одна треть (от 30 до 35%) парка должна иметь возраст до 5 лет, одна треть – до 10 лет и остальная часть может иметь возраст свыше 10 лет. Оборудование старше 20 лет практически не должно находиться в эксплуатации (за исключением уникального). Такие виды оборудования, как ГПМ, ОУ и ряд оборудования с ЧПУ должны интенсивно эксплуатироваться и заменяться более производительным.

Специалисты считают, что в среднем каждые 5 лет общая производительность парка оборудования должна повышаться не менее чем на 15...20%, причем с целью обновления парка оборудования должны стимулироваться как потребители, так и его производители. Этого можно достичь:

– изданием нормативных и законодательных актов, побуждающих предприятия своевременно и качественно обновлять основные фонды;

– установлением срока амортизации высокоэффективных видов оборудования (ГПМ, ОУ, роботов и т.п.) на уровне 6–7 лет;

– установлением для предприятий льгот по налогообложению прибыли в зависимости от удельного веса прогрессивного малоизношенного оборудования;

– предоставлением льгот инвесторами (банком, фондом и т.п.), финансирующими производство прогрессивных видов оборудования.

Парк оборудования как объект стоимостного анализа и управления

Парк установленного оборудования характеризует техническую базу предприятия. Чтобы правильно оценить масштабы и структуру парка, выбрать эффективные способы управления его стоимостью, нужно рассмотреть классификацию и номенклатуру единиц парка.

В настоящее время разработано много разных классификаторов для оборудования. Их применяют для целей учета основных средств, оценки стоимости, идентификации, коммерческих операций, начисления амортизации, проведения ремонтных операций и технического обслуживания и т.д. На разработанных принципах классификации построены коды общероссийских классификаторов ОКП (общероссийский классификатор продукции) и ОКОФ (общероссийский классификатор основных фондов), торговой номенклатуры для внешнеэкономической деятельности (ВЭД), отраслевые и межотраслевые классификаторы.

С точки зрения задач управления процессом эксплуатации парка оборудования отметим следующие наиболее важные классификационные признаки:

– технологическое или функциональное назначение оборудования – виды (металлорежущее, кузнечно-прессовое, деревообрабатывающее, литейное, подъемно-транспортное и т.д.); группы (например, металлорежущие станки подразделяют на токарные, фрезерные, сверлильные, строгальные и т.д.); типы и типоразмеры (например, среди станков токарной группы выделяют токарно-винторезные, токарно-карусельные, лоботокарные и т.д.);

– модельность парка (группы коэффициентов модельности с детализацией групп в зависимости от задачи классификации);

– степень автоматизации (разновидности оборудования: агрегат, полуавтомат, автомат, агрегат с программным управлением, автоматическая линия или комплекс и т.д.);

– вид обрабатываемого материала (сталь, чугун, пластмассы, цветные металлы и сплавы, древесина и т.д.);

– применяемый инструмент и оснастка (специальный, универсальный и т.д.);

– характеристика точности (например, для металлорежущего оборудования выделяют следующие классы точности: нормальный, повышенный, высокий, особо высокий, особо точный);

– масса единицы оборудования (категории массы для металлорежущего оборудования: легкое и среднее до 10 т, тяжелое и особо тяжелое до 100 т и уникальное свыше 100 т);

– возрастная категория (до 10 лет, от 10 до 20 лет, свыше 20 лет);

– ремонтная сложность (средняя, большая, особо высокая).

Приведенный выше состав не исчерпывает всех встречающихся признаков для классификации, могут быть взяты и такие, как наукоемкость, уровень надежности (безотказности), степень безопасности для персонала, экологическая безвредность, уровень специализации и другие.

Так как парк оборудования предприятия состоит из огромного множества (сотни и тысячи наименований) самых разных единиц оборудования, различают реальную и приведенную номенклатуру парка. Реальная номенклатура парка – это полный перечень входящих в парк единиц оборудования согласно инвентарной ведомости учета основных средств. Приведенная номенклатура парка – это перечень оборудования, систематизированного по группам в соответствии с принятой классификацией. Для целей анализа парка обычно используют приведенную номенклатуру.

Приведенная номенклатура позволяет построить ту или иную структурную модель парка оборудования. Структурная модель парка оборудования – это определенная закономерность распределения единиц оборудования по тем или иным классификационным группам. Например, структурная модель парка может описывать закон распределения станков (прессов, машин и т.п.) по возрастным категориям или по интенсивности использования, или по мощностным характеристикам и т.д. Структурная модель парка оборудования помогает принимать правильные управленческие решения по таким вопросам, как планирование и финансирование капитальных ремонтов, мероприятий по модернизации оборудования, обновлению парка и др.

Объем парка оборудования может выражаться в разных единицах измерения, среди которых физические единицы оборудования, стоимостные единицы (в отечественной или зарубежной валюте), условные единицы ремонтной сложности, единицы энергомощности, единицы занимаемой оборудованием производственной площади и другие.

Объем парка в количестве физических (инвентарных) единиц оборудования – более или менее определенная величина, если парк не слишком разнообразен или если речь идет о размерах какой-то части парка, где сосредоточены однотипные машины. Более обобщенной характеристикой объема парка служит суммарная балансовая стоимость входящего в него

оборудования, когда количество оборудования в парке выражено в денежных единицах. Все экономические и финансовые оценки парка выполняются с помощью денежного измерения балансовой стоимости.

В задачах планирования и анализа работ по ремонту и техническому обслуживанию объем парка оценивают с помощью таких условных единиц, как единицы ремонтной сложности. В качестве единицы ремонтной сложности (ЕРС) берут такую единицу, которая характеризует ремонтную сложность некоего агрегата оборудования, нормативная трудоемкость ремонтов которого соответствует одной одиннадцатой трудоемкости ремонта токарно-винторезного станка модели 1К62. Таким образом, данная модель станка принята в качестве эталона, ей присвоена 11-я категория сложности ремонта и сравнением с этим эталоном определяется сложность любой единицы оборудования. Объем парка в ЕРС есть сумма ЕРС всех станков и других машин, входящих в парк. С помощью ЕРС нормируют трудовые, материальные и общие затраты на ремонтные работы, а также продолжительность простоев в ремонте и другие показатели ремонтов.

Для точной характеристики интегрального потенциала парка оборудования по производству продукции суммы ЕРС часто оказываются недостаточно. В данном случае используют приведенные ЕРС (ПЕРС). Количество ПЕРС вычисляют исходя из количества ЕРС с применением корректирующих коэффициентов, учитывающих сменность работы парка и возраст оборудования. С помощью ПЕРС обеспечивается сопоставимость парка оборудования при сравнительном межхозяйственном анализе для оценки деятельности и динамики развития ремонтных служб, а также для выявления резервов повышения эффективности ремонтного производства.

Чтобы осуществлять оценку и управление стоимостью парка оборудования, необходима организация полного и достоверного его учета. Данные учета должны давать информацию об основных параметрах и технических характеристиках оборудования, о количественном, структурном и возрастном составе, о размещении, движении и использовании оборудования, о проводимых ремонтных воздействиях, об изменении конструкции оборудования вследствие модернизации или реконструкции.

Учет парка оборудования включает:

– учет поступления, наличия, внутреннего перемещения и выбытия оборудования, находящегося на балансе предприятия или полученного в аренду (или лизинг);

– учет оборудования с классификацией его по видам, группам и типам, а также по отдельным характеристикам;

– индивидуальный учет каждого инвентарного объекта согласно правилам бухгалтерского учета;

– статистический учет произведенных для каждой единицы оборудования капитальных и текущих ремонтов и оперативный учет операций

технического обслуживания, а также бухгалтерский учет затрат, связанных с поддержанием оборудования в рабочем состоянии.

Все хозяйственные операции, проводимые предприятием, оформляются оправдательными документами, которые служат первичными учетными документами, на основе которых ведется бухгалтерский учет. К числу этих документов относятся: акт (накладная) приемки-передачи основных средств (форма № ОС-1); акт приемки-сдачи отремонтированных и модернизируемых объектов (форма № ОС-3); акт на списание основных средств (форма № ОС-4); инвентарная карточка учета основных средств (форма № ОС-6); акт о приемке оборудования (форма № ОС-14); акт приемки-передачи оборудования в монтаж (форма № ОС-15); акт о выявленных дефектах оборудования (форма № ОС-16).

Единицей учета основных средств, а следовательно, машин и оборудования, является инвентарный объект. *Инвентарным объектом* является объект со всеми приспособлениями и принадлежностями или отдельный конструктивно обособленный предмет, предназначенный для выполнения определенных самостоятельных функций, или же обособленный комплекс конструктивно-сочлененных предметов, представляющих собой единое целое, предназначенный для выполнения определенной работы. У машин, входящих в один технологический комплекс, имеются общие приспособления и принадлежности, общее управление, они могут быть смонтированы на одном фундаменте, при этом каждая из них выполняет свою работу (операцию) только в составе комплекса, а не самостоятельно.

Каждому объекту, находящемуся на бухгалтерском учете, присваивается инвентарный номер, который сохраняется за ним на весь период его нахождения на данном предприятии.

Пообъектный учет основных средств ведется бухгалтерской службой на *инвентарных карточках* учета основных средств (форма № С-6). Инвентарная карточка открывается на каждый инвентарный объект. Инвентарные карточки в картотеке обычно группируют применительно к ОКОФ, а внутри разделов, подразделов, классов и подклассов – по месту эксплуатации (цехам, участкам, отделам и т.д.).

Кроме бухгалтерского учета, на предприятиях в службах главного механика ведется оперативный технический учет парка оборудования, цель которого заключается в обеспечении процесса обслуживания и ремонта всей необходимой документацией. При этом на каждую единицу (модель) оборудования открывают техническое дело, в которое подшивают всю техническую документацию и инструкции. Далее в процессе эксплуатации дело дополняют новыми чертежами и документами. В деле имеется также ремонтная карта. В ней показаны все виды ремонта и обслуживания, которые прошла данная единица оборудования.

На уровне управления предприятия ведется статистический учет о состоянии парка оборудования путем представления годовых отчетов о наличии оборудования по форме 75-ТП.

В цехах основного производства ведется оперативный учет использования оборудования во времени, благодаря которому собирается информация о фактически отработанном оборудованием времени по сменам и о продолжительности и причинах простоев.

Учет времени, отработанного оборудованием, может быть организован следующими способами:

- по количеству часов, отработанных рабочими на данном оборудовании, согласно закрытым нарядам за месяц, поступившим в отдел труда и заработной платы;
- по сменным рапортам мастеров о количестве часов, отработанных каждой единицей оборудования;
- по показателям счетчиков времени работы или расхода электроэнергии, установленных на оборудовании.

Кроме того, на некоторых предприятиях ведется оперативно-технический учет выполнения ремонтных работ, когда эти работы выполняют централизованные подразделения предприятия или приглашаемые сторонние обслуживающие фирмы.

Все перечисленные выше виды бухгалтерского, статистического и оперативного учета создают важную информационную базу для анализа состояния и использования парка оборудования на предприятии.

Экономический анализ состояния парка оборудования включает рассмотрение множества показателей. При анализе рассчитывают: 1) показатели структуры парка, 2) показатели движения парка; 3) показатели использования парка. Как видно, в данной группировке отсутствуют только показатели технического уровня.

В первую группу, объединяющую показатели структуры парка оборудования, входят:

- показатели модельности (среди которых простой коэффициент модельности, коэффициент одномодельности ремонтных гамм, унифицированный коэффициент одномодельности). В общем виде эти показатели характеризуют среднее количество единиц оборудования, приходящееся на одну модель. Чем выше показатели модельности, тем однороднее парк оборудования по моделям машин;
- средний фактический возраст оборудования;
- средний нормативный срок службы оборудования;
- коэффициент физического износа – отношение среднего фактического возраста оборудования к среднему нормативному сроку службы (или среднему сроку полезного использования);

– коэффициент использования сменного режима предприятия – отношение фактического коэффициента сменности работы оборудования к установленной на предприятии режимной сменности работы;

– коэффициент экстенсивной загрузки оборудования, рассчитываемый как отношение фактически отработанного оборудованием времени в часах за какой либо период к плановому фонду времени работы оборудования за тот же период;

– коэффициент машинного времени работы оборудования, рассчитываемый как отношение суммарного времени работы оборудования в часах на протяжении рабочей смены к полезной продолжительности рабочей смены (за вычетом плановых простоев);

– коэффициент использования парка установленного оборудования, который рассчитывается как отношение количества действующего оборудования к количеству установленного оборудования;

– коэффициент сменности работы оборудования – отношение фактически отработанных станкосмен к количеству установленных станков.

Приведенный выше набор показателей можно разделить на две подгруппы показателей. Одни показатели (модельность, возраст, износ) характеризуют структуру парка по признакам, а другие указывают фактическое использование парка (загрузку, сменность и др.).

Во вторую группу (движение парка оборудования) включены следующие показатели:

– коэффициент выбытия – отношение стоимости выбывшего оборудования за какой-либо период к стоимости имеющегося в наличии оборудования на начало данного периода;

– коэффициент обновления – отношение стоимости вновь введенного оборудования за какой-либо период к стоимости имеющегося в наличии оборудования на начало данного периода;

– коэффициент прироста – отношение прироста стоимости оборудования (разности между стоимостью вновь введенного и выбывшего) за какой-либо период к стоимости имеющегося в наличии оборудования на начало данного периода.

В третью группу входят показатели эффективности использования оборудования. К этим показателям относят:

– фондоотдачу, т.е. отношение выручки от реализации продукции по отчету за год к среднегодовой балансовой стоимости оборудования;

– фондоемкость продукции, т.е. отношение среднегодовой балансовой стоимости оборудования к выручке от реализации продукции по отчету за год.

В определенной степени показатели фондоотдачи и фондоемкости характеризуют не только эффективность использования, но и технический уровень оборудования, они являются обобщающими показателями.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ИЗНОСЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ

1.1. Виды износа

Нормативными документами в области оценки технологических машин и оборудования, устанавливающими основные термины и определения, являются:

СТО РОО 01.01.01. Единая система оценки имущества. Основные положения;

СТО РОО 01.02.01. Единая система оценки имущества. Общие термины и определения.

При использовании затратного подхода технологические машины и оборудование должны быть оценены с учетом износа.

В теории и практике оценочной деятельности термин "износ" употребляется как в экономическом, так и в техническом смысле.

В техническом смысле под термином "износ" понимают частичную или полную утрату машинами и оборудованием своих первоначальных потребительских свойств.

В экономическом понимании термин "износ" рассматривают как обесценивание или устаревание, характеризующее потерю с течением времени первоначальной или восстановительной стоимости объекта оценки в связи с уменьшением его полезности, вызванным техническими и экономическими причинами:

- эксплуатацией;
- длительным хранением;
- научно-техническим прогрессом;
- экономической ситуацией.

Причины износа лежат в самом объекте оценки и в его ближайшем окружении, т.е. в аналогах или технологической цепочке, в которую он включен, а также в областях, не имеющих непосредственного отношения к объекту оценки. В обоих случаях степень износа выражается в долях или в процентах по отношению к первоначальной или восстановительной стоимости объекта оценки.

В последнем случае, т.е. в экономическом понимании, в зависимости от причины, вызвавшей обесценивание машин и оборудования, различают три типа износа:

- физический;
- функциональный;
- экономический (внешний).

При этом предметом определения являются не только перечисленные частные виды обесценивания (износа), но и накопленный (суммарный) износ или обесценивание, т.е. суммарные потери стоимости объекта оценки.

Физический износ – это износ, приводящий к потере работоспособного или исправного технического состояния вследствие ухудшения первоначальных технико-экономических показателей, вызванного естественным изнашиванием машин и оборудования в процессе эксплуатации, длительного хранения или воздействия окружающей среды.

Функциональный износ (устаревание) – это износ имущества из-за несоответствия современным требованиям, предъявляемым к данному имуществу.

Функциональный (моральный) износ равен разности между стоимостью воспроизводства объекта оценки и ценой более совершенного аналога, скорректированной на уровень параметров качества объектов оценки.

Физический и функциональный износы присущи самому оборудованию или машинам.

Внешний износ – это потеря стоимости, вызванная общеэкономическими или внутриотраслевыми изменениями.

Внешний износ оценивается по снижению уровня цен на аналогичные объекты, испытавшие сокращение их сбыта из-за изменения конъюнктуры рынка, законодательства или социально-политической обстановки.

Накопленный износ – это совокупное значение физического, функционального и внешнего износов. Определению накопленного (суммарного) износа машин и оборудования посвящен параграф 1.5. Отдельные виды износа определяют на основании фактического состояния машин и оборудования или по данным бухгалтерского и статистического учета.

Необходимо четко различать перечисленные типы износа, чтобы не учесть один и тот же износ дважды.

Функциональный и экономический износы можно учесть косвенно – через цены аналогов. Физический износ должен учитываться напрямую, так как он специфичен для каждого объекта оценки.

Один и тот же по виду износ может распространяться на объект оценки в целом или в различной степени на его элементы. Например, у металлорежущих станков быстрее физически изнашиваются резцы и движущиеся элементы, а неподвижные элементы (например, станина) изнашиваются значительно медленнее. Однако с точки зрения функционального износа резцы и некоторые узлы изнашиваются значительно медленнее, чем, например, двигатель. Поэтому часто говорят не об износе объекта в целом, а об износе отдельных его элементов. При определении износа элементов оцениваемого оборудования необходимо знать, какую часть его стоимости составляет стоимость данного элемента и срок его жизни.

В зависимости от технической возможности и экономической целесообразности устранения различают следующие виды износа:

- устранимый;
- неустраиваемый.

Неустраиваемый износ – это износ имущества, затраты на устранение которого больше, чем добавляемая при этом стоимость. Критериями неустраиваемости износа являются конструктивные особенности объекта или нецелесообразность устранения по экономическим соображениям, так как расходы на устранение превышают прирост полезности и стоимости соответствующего объекта.

Устранимый износ – это износ, затраты на устранение которого меньше, чем добавляемая при этом стоимость.

На современном уровне развития науки и техники преобладают экономические факторы отнесения износа к неустраиваемому, так как технически возможно поддержание работоспособного состояния машин и оборудования при любой стадии износа. Способом устранения физического износа является ремонт оборудования, а функционального – модернизация.

Неустраиваемый износ определяется на базе разности между восстановительной стоимостью (стоимостью воспроизводства), или стоимостью замещения, и суммой устранимого износа.

Стоимость восстановительная (воспроизводства) – это стоимость воспроизводства копии имущества в ценах на дату оценки.

Стоимость замещения – это стоимость аналога объекта оценки в ценах на дату оценки.

На практике элементы машин и оборудования, имеющие неустраиваемый износ, делят на долгоживущие и короткоживущие. Остаточный срок службы долгоживущих элементов совпадает с остаточным сроком службы объекта оценки в целом. Остаточный срок службы короткоживущих элементов меньше, чем остаточный срок службы объекта оценки в целом.

Для оценки неустраиваемого физического износа коротко- или долгоживущего элемента разность между полной восстановительной стоимостью или полной стоимостью замещения элемента объекта оценки и суммой его устранимого износа (стоимостью ремонта) умножают на отношение эффективного возраста к нормативному сроку службы элемента (см. параграф 2.6).

1.2. Физический износ

Физический износ представляет собой нормальный эксплуатационный износ объекта оценки. Он является результатом прошлых периодов функционирования, воздействия окружающей среды и длительных простоев. В результате физического износа:

- ухудшаются технические характеристики объекта;
- увеличивается вероятность возникновения поломок и аварий;
- уменьшается остаточный срок службы объекта в целом или некоторых его узлов и деталей.

Чрезмерный износ ухудшает технические характеристики технологических машин и оборудования, что приводит:

- к увеличению брака;
- к риску возникновения серьезных аварий;
- к неспособности машин и оборудования удовлетворять требованиям правильного функционирования.

Другим проявлением износа является увеличение издержек при производстве продукции в части материалов, энергии, а также в статье расходов на техобслуживание и ремонт, значительно превышающих средний уровень затрат для аналогичного нового оборудования.

Физический износ обычно оценивают в процентном соотношении:

- 0% – износ нового объекта;
- 100% – износ объекта, полностью исчерпавшего ресурс использования.

Физический износ как техническое понятие принято делить на подвиды.

1. По причине, вызвавшей износ, различают износы первого и второго рода.

Физический износ I рода – износ, накопившийся в результате нормальной эксплуатации.

Физический износ II рода – износ, возникающий вследствие стихийных бедствий, аварий, нарушений норм эксплуатации и т.п.

2. По времени протекания различают непрерывный и аварийный износы.

Непрерывный износ – постепенное снижение технико-экономических показателей объектов.

Аварийный износ – износ, быстро протекающий во времени, например, пробой кабеля.

Аварийный износ является следствием скрытого износа.

Скрытый износ – износ, непосредственно не влияющий на технические параметры оборудования, но увеличивающий вероятность аварийного износа.

3. По степени и характеру распространения различают глобальный и локальный износы.

Глобальный износ – износ, равномерно распространяющийся на весь объект.

Локальный износ – износ, в различной степени поражающий отдельные детали и узлы объекта.

4. По глубине протекания различают частичный и полный износы.

Частичный износ – износ, допускающий ремонт и восстановление объекта.

Полный износ – износ, предполагающий замену данного объекта другим.

5. По возможности восстановления утраченных потребительских свойств различают устранимый и неустранимый износы (см. параграф 1.1).

6. По форме проявления различают технический и конструктивный износы.

Технический износ – износ, выражающийся в снижении фактических значений технико-экономических параметров по сравнению с нормативными или паспортными значениями.

Конструктивный износ – износ, проявляющийся в ухудшении защитных свойств внешних покрытий и нарастании конструктивной усталости основных деталей и узлов объекта, повышающих, в свою очередь, вероятность возникновения аварийных ситуаций.

Зависимость износа от физико-химических явлений, происходящих при эксплуатации машин и оборудования, рассмотрена в главе 5.

Важнейшей практической проблемой является определение степени не бухгалтерского, а реального физического износа. Эту степень находят прямыми и косвенными методами. К прямым относятся методы определения износа, основанные на осмотре данного объекта, его испытании в различных режимах, измерении различных его параметров, оценке реального износа важнейших его узлов. К числу косвенных методов оценки износа относятся оценка по общему техническому состоянию объекта в целом, фактическому сроку его службы, объему выполненных работ. Некоторые из методов определения реального физического износа рассмотрены в параграфе 1.9. Оценка технического состояния машин и оборудования поведена в главе 3. Одним из косвенных методов оценки фактического технического состояния машин и оборудования является виброакустическая диагностика (см. главу 6). С помощью средств виброакустической диагностики можно оценить остаточный срок службы, необходимый для определения эффективного возраста машин и оборудования (см. параграф 2.2).

Теоретически физический износ может быть оценен объективно по отношению объема произведенной продукции к предполагаемому общему объему выпуска. Данное отношение будет являться количественной мерой физического износа. Данным критерием можно пользоваться, если предположить следующее:

- ведется соответствующая статистика;
- машины и оборудование ни разу капитально не ремонтировались и всегда использовались в одинаковых условиях;
- все однотипные элементы машин и оборудования эквивалентны по своим характеристикам;
- все единицы производимой продукции эквивалентны по качеству и стоимости, т.е. требуют одинаковых трудозатрат и равны по материалоемкости.

Однако машины и оборудование проходят капитальный ремонт, эксплуатируются в разных условиях; выпускаемые изделия различны по качест-

ву и себестоимости, производственная статистика для определенных объектов собственности, как правило, не ведется. Поэтому в данном случае процесс оценки физического износа практически всегда является субъективным.

Для определения степени износа с целью оценки остаточной стоимости машины и оборудования должны подвергаться освидетельствованию их реального физического состояния. Для выполнения этой работы оценщик может привлекать специалистов, профессионально подготовленных в области определения износа машин и оборудования.

Коэффициент физического износа определяется одним из следующих методов (см. главу 2):

- методом интегральной средневзвешенной оценки износа отдельных основных частей объекта;
- методом эффективного возраста исходя из нормативного срока службы и экспертно назначенного оставшегося срока службы объекта;
- прямым методом исходя из фактической и нормативной наработки, требуемых нормативных затрат на ремонт или снижения потребительских свойств или технических характеристик в пределах от нормативных до предельно допустимых.

Экономические последствия физического износа проявляются двояко:

- уменьшается полезность соответствующего объекта, т.е. приносимый им экономический эффект;
- увеличиваются затраты на техническое обслуживание и поддержание оборудования в работоспособном и исправном техническом состоянии.

В результате под влиянием обоих факторов происходит обесценивание объекта, т.е. в рамках физического износа снижается эффективность использования объекта, количественным выражением которой является отношение затрат на техобслуживание к доходу, приносимому данной единицей оборудования за тот же период времени. Этот показатель называют коэффициентом использования, или удельной доходностью. В зарубежных источниках данный показатель называют сервис-фактором и обозначают SFA.

В связи с неравномерностью расходов на техобслуживание целесообразно рассматривать период не менее квартала. Тогда удельная доходность будет изменяться от нуля в первый день после пуска в эксплуатацию машины и оборудования, до требуемых затрат на техобслуживание и ремонт, до некоторого предельного значения (меньшего единицы), которое выбирают исходя из требования заказчика. Но в любом случае стоимость разового ремонта не должна превышать стоимость нового оборудования.

Для различных групп или видов оборудования предельное значение сервис-фактора различно и определяется разработчиками или экспертами.

Когда сервис-фактор (удельная доходность) доходит до своего предельного значения, физический износ становится равным 100% и оборудование снимают с эксплуатации.

Иногда с ростом физического износа издержек не увеличиваются. Эта ситуация может указывать на наличие отложенного ремонта и увеличение скрытого износа.

1.3. Функциональный износ

Обесценивание машин и оборудования, вызванное функциональным износом, является следствием появления новых технологий.

В отличие от физического износа, имеющего абсолютный характер, функциональный износ является относительным. Это связано с тем, что функциональный износ оцениваемых машин и оборудования рассматривается по отношению к аналогам, т.е. зависит от базы сравнения.

Функциональный износ приводит к снятию с производства и вытеснению с рынка продаж целых поколений машин и оборудования. Он может возникать уже на стадии разработки новой техники и технологий, приводя к их устареванию еще до запуска в производство. На ускорение функционального износа, т.е. частоту смены поколений машин и технологий, сильно влияет научно-технический прогресс.

Для уменьшения потерь, связанных с функциональным износом от недоамортизации действующих машин и оборудования, ужесточают нормы амортизации, вводят механизмы ускоренной амортизации, снижают цены на старые машины и оборудование для удержания их на рынке и, в конечном счете, снимают их с производства.

Уменьшить потери от функционального износа можно также модернизацией действующих машин и оборудования с целью улучшения их технико-экономических показателей. Пределы модернизации определяются техническими возможностями, а также разностью стоимостей нового и модернизированного старого оборудования.

Применительно к вопросам оценки обычно рассматривают две стороны возможного отличия нового объекта от старого. Исходя из статей затрат, изменение структуры которых приводит к износу машин и оборудования, различают следующие группы функционального износа:

- износ, обусловленный избытком капитальных затрат;
- износ, обусловленный избытком производственных затрат.

Функциональный износ, обусловленный избытком капитальных затрат

Функциональный износ (устаревание), обусловленный избытком капитальных затрат, представляет собой результат технологических изменений, появления новых материалов и (или) невозможности оптимально использовать машины и оборудование из-за таких факторов, как неэффективное размещение и компоновка, избышек производственных мощностей по сравнению с требованиями современного производства, несбалансиро-

важность производственного процесса. Часто этот вид функционального износа называют **технологическим устареванием**.

Широко распространенным случаем технологического устаревания является наличие избыточной производительности данного оборудования по сравнению с остальным оборудованием, включенным в общую технологическую цепочку, т.е. рассматриваемое оборудование недоиспользуется.

Предположим, что оценивается некоторая технологическая линия, в состав которой включено несколько видов оборудования, имеющих одинаковую производительность. В данном случае технологическое устаревание отсутствует. На первом этапе модернизации технологической линии осуществляется замена оборудования одного из видов на оборудование с большей производительностью. В данном случае новое оборудование будет недоиспользовано, т.е. будет иметь место технологическое устаревание. В то время, когда в рассматриваемой технологической линии все виды оборудования будут замещены на новое с большей производительностью, недоиспользование отдельных агрегатов исчезнет, а следовательно, и функциональный износ.

Коэффициент функционального износа (коэффициент недоиспользования) определяется по формуле

$$K_{\text{фун}} = 1 - (P_0/P_a)^n, \quad (1.1)$$

где P_0 – производительность оцениваемого (старого) оборудования; P_a – производительность нового оборудования или аналога; n – коэффициент "торможения цены" (коэффициент "экономии на размере").

Пример 1.1. Определить коэффициент функционального износа станка с производительностью 120 деталей в смену, выпуск которого прекращен. В настоящее время выпускается станок с аналогичными параметрами, но с большей производительностью, равной 150 деталям в смену. Коэффициент "торможения цены" принять равным 0,7.

Решение.

Коэффициент функционального износа определяем по формуле (1.1):

$$K_{\text{фун}} = 1 - (120/150)^{0,7} = 0,14.$$

Обычно коэффициент "торможения цены" рекомендуется принимать равным 0,6...0,8. Его можно также определить из соотношения, связывающего цены и параметры аналогов:

$$C_1/C_2 = (N_1/N_2)^n, \quad (1.2)$$

где C_1 и C_2 – стоимости аналогов; N_1 и N_2 – параметры аналогов (мощность, производительность, габариты и т.п.).

Логарифмируя выражение (1.2), получаем формулу для определения коэффициента "торможения цены":

$$n = \frac{\ln C_1/C_2}{\ln N_1/N_2}. \quad (1.3)$$

Пример 1.2. Определить стоимость оконного кондиционера RAC-18, рассчитанного на охлаждение помещения площадью, равной 48 м², если известны два аналога, параметры которых приведены в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Аналог	Площадь помещения, м ²	Стоимость, дол.
RAC-09	26	880
RAC-12	33	970

Решение.

1. По формуле (1.3) определяем коэффициент торможения цены:

$$n = \frac{\ln(880/970)}{\ln(26/33)} = 0,41.$$

2. По формуле (1.2) определяем стоимость в долларах США кондиционера RAC-18:

$$C_{\text{оп}} = 970(48/33)^{0,41} = 1131,07.$$

Другим проявлением технологического устаревания является случай, когда необходимость в рассматриваемом оборудовании отпадает в рамках новой технологии. Примером могут служить вагонетки, используемые в технологии мартеновского производства стали. По мере распространения новых технологий с непрерывной разливкой стали спрос на вагонетки (и следовательно, и их стоимость) стал падать.

Функциональный износ, обусловленный избытком производственных затрат

Функциональный износ (устаревание), обусловленный избытком производственных затрат, возникает либо в результате совершенствования технологии, либо повышения эффективности размещения и компоновки. Этот вид функционального износа часто называют **операционным устареванием**.

Определение обесценивания машин и оборудования, вызванного операционным устареванием, включает в себя следующие этапы:

- определение ежегодных эксплуатационных расходов при использовании оцениваемого объекта;
- определение ежегодных эксплуатационных расходов при эксплуатации более современных аналогов;
- определение разницы затрат на эксплуатацию;
- учет влияния налогов;
- определение остаточного срока экономической жизни оцениваемого объекта или времени на устранение недостатков;
- определение текущей стоимости ежегодных будущих потерь по соответствующей ставке дисконтирования.

Операционное устаревание можно рассматривать как сегодняшнюю стоимость будущих избыточных производственных затрат. В зависимости

от типа излишних производственных затрат, связанных с действующим оборудованием, различают две категории операционного устаревания:

- операционное устаревание, вызванное повышенными инвестиционными издержками;
- операционное устаревание, вызванное повышенными эксплуатационными затратами.

В основе первой категории операционного устаревания лежит потребность действующего оборудования (по сравнению с новым) в дополнительных производственных площадях, во вспомогательном оборудовании и в других дополнительных инвестиционных издержках.

Вторая категория операционного устаревания характеризуется повышенной потребностью действующего оборудования (по сравнению с новым) в затратах труда на обслуживание (требуется большее количество обслуживающего персонала), в затратах на электроэнергию или горючее, в материальных затратах, а также меньшей производительностью действующего оборудования и т.п.

Пример 1.3. Определить функциональное устаревание станка, который обслуживает рабочий шестого разряда с заработной платой 4000 руб. в месяц. Станок потребляет в год 30 000 кВт·ч. Имеется современный аналог, который обслуживается рабочим четвертого разряда с заработной платой 3000 руб. в месяц. Аналог потребляет в год 20 000 кВт·ч. Стоимость 1 кВт·ч составляет 0,75 руб. Коэффициент "торможения цены" принять равным 0,7.

Решение.

1. Рассчитываем годовые производственные затраты в рублях, связанные с эксплуатацией оцениваемого станка и аналога:

$$Z_o = 4000 \cdot 12 + 30000 \cdot 0,75 = 70500;$$

$$Z_a = 3000 \cdot 12 + 20000 \cdot 0,75 = 51000.$$

2. Определяем коэффициент функционального износа по формуле (1.1):

$$K_{\text{фун}} = 1 - (51000/70500)^{0,7} = 0,2.$$

Исправимый функциональный износ

К исправимому функциональному износу относят потерю стоимости в результате несоответствия конструкции, материалов, стандартов, качества дизайна современным требованиям. Исправимым функциональным износом считается износ, устранение которого приносит поток дохода, превышающий в настоящих ценах затраты на его исправление. Он вызывается:

- недостатками, требующими дополнения (отсутствием необходимых элементов);
- недостатками, требующими замены (модернизации) отдельных элементов на элементы с другими техническими характеристиками, которая позволяет повысить потребительские свойства рассматриваемого объекта в целом.

Пример 1.4. Определить вид и коэффициент функционального износа технологической линии по изготовлению печенья при следующих исходных данных: первоначальная стоимость линии равна 45 тыс. руб., дата запуска линии в эксплуатацию – январь 1998 года, дата проведения оценки – апрель 2001 года, нормативный срок службы линии – 20 лет, остаточный срок службы линии по экспертной оценке составляет 12 лет, фасовка печенья осуществляется вручную. У современных аналогов на выходе линии устанавливается фасовочная машина, стоимость которой на дату оценки составляет 14 тыс. руб., затраты на монтаж – 4,6 тыс. руб. Предполагаемое увеличение годового дохода при наличии фасовочной машины за счет экономии на заработной плате (с учетом дополнительных затрат на электроэнергию и техобслуживание) составляет 18 тыс. руб. Ставку процента принять равной 0,1.

Решение.

1. Определяем значение функционального износа в рублях технологической линии:

$$C_{\text{фун}} = C_{\text{фм}} + Z_{\text{м}},$$

где $C_{\text{фун}}$ – значение функционального износа в стоимостном выражении; $C_{\text{фм}}$ – стоимость фасовочной машины; $Z_{\text{м}}$ – затраты на монтаж фасовочной машины. Имеем:

$$C_{\text{фун}} = 14000 + 4600 = 18600.$$

2. Находим восстановительную стоимость в рублях технологической линии на дату оценки с учетом индексов инфляции (дефляторов):

$$C_n = C_n \cdot a_{98} \cdot a_{99} \cdot a_{00} \cdot a_{01},$$

где C_n – восстановительная стоимость линии; C_n – первоначальная стоимость линии; a_{98} – индекс инфляции, установленный на 1998 год; a_{99} – на 1999 год; a_{00} – на 2000 год; a_{01} – на первый квартал 2001 года. Тогда

$$C_n = 45000 \cdot 1,08 \cdot 1,459 \cdot 1,356 \cdot 1,044 = 100381.$$

3. Рассчитываем коэффициент функционального износа:

$$K_{\text{фун}} = C_{\text{фун}} / C_n;$$

$$K_{\text{фун}} = 18600/100381 = 0,185.$$

4. Определяем вид функционального износа. Для этого найдем текущую стоимость от дополнительного денежного потока, используя пятую функцию сложного процента. Формула для вычисления текущей стоимости обычного аннуитета имеет вид

$$PV = \frac{1 - (1 + i)^{-n}}{i} \cdot PMT,$$

где PV – текущая стоимость, руб.; PMT – платеж n -го периода, руб.; i – ставка процента; n – количество периодов начисления процентов, год. Получаем

$$PV = \frac{1 - (1 + 0,1)^{-12}}{0,1} \cdot 18000 = 122\,646.$$

Сравниваем PV и $C_{\text{фун}}$: $122\,646 > 18\,600$, следовательно, установка фасовочной машины является экономически целесообразной, а функциональный износ – устранимым.

В рассмотренном примере отсутствие фасовочной машины у оцениваемой технологической линии относится к недостаткам, требующим дополнения.

Примером недостатка, требующего замены отдельных элементов рассматриваемой линии является установка электродвигателя с большей номинальной частотой вращения или редуктора с меньшим передаточным чис-

лом. Данная замена (модернизация) позволяет увеличивать скорость движения ленты, а, следовательно, и производительность всей технологической линии. Это, в свою очередь, принесет дополнительный денежный поток.

1.4. Внешний износ

Внешний износ (устаревание) проявляется в потере стоимости, вызванной крупными отраслевыми, региональными, общенациональными или мировыми технологическими, социально-экономическими, экологическими и политическими изменениями, например, сокращением спроса и предложения на определенный вид продукции, ухудшением качества сырья, рабочей силы, вспомогательных систем, сооружений, коммуникаций, правовыми изменениями, относящимися к законодательству, муниципальным постановлениям, зонированию и административным распоряжениям.

Следует различать глобальное и локальное (местное) устаревания. Глобальное устаревание в основном связано с научно-техническими революциями, носящими всемирный общеэкономический характер. Оно является необратимым, приводящим к полному вытеснению данного типа машин и оборудования, например, ушедшие в прошлое транспортные средства на паровой тяге.

Локальное внешнее устаревание носит регионально-отраслевой характер и может быть временным. Примером может служить падение спроса в 70-х годах на американские легковые автомобили, которые на рынке США стали вытесняться автомобилями из Франции, Германии и Японии. Это было связано с резким ростом цен на нефть на международном рынке. При этом расход топлива у американских автомобилей оказался значительно выше, чем у европейских и японских. В результате произошел внешний износ (устаревание) выпускаемых американских моделей, впоследствии частично преодоленный.

Внешнее устаревание зависит от большого числа факторов. При этом не всегда удастся установить, что обесценивание произошло именно по данной причине. Например, обесценивание вследствие недоиспользования оборудования чаще происходит не по внешним причинам, а из-за плохого управления на конкретном предприятии, плохой работой служб маркетинга и т.п. Поэтому при определении величины обесценивания необходимо разобраться не только на данном предприятии, но и в смежных отраслях, где используется аналогичное оборудование, а также учесть региональные и местные особенности.

Существует два подхода при определении величины внешнего износа:

- капитализация потери дохода, относящегося к внешнему воздействию;
- сравнение продаж аналогичного оборудования при наличии и отсутствии внешних воздействий.

При достаточном объеме данных второй подход является более предпочтительным.

Примером использования первого подхода при определении внешнего износа является воздействие, связанное с перебоями в электроснабжении, приводящими к потерям от брака и простоев. Капитализированная величина этих дополнительных потерь равна внешнему износу.

Пример 1.5. Определить внешний износ технологической линии с номинальной производительностью 1000 ед. продукции в сутки, если из-за сокращения спроса на данную продукцию фактическая производительность линии составляет 750 ед. в сутки. Коэффициент "торможения цены" принять равным 0,7.

Решение.

Коэффициент внешнего износа определяется через недоиспользование технологической линии по формуле (1.1):

$$K_{\text{вн}} = 1 - (750/1000)^{0,7} = 0,18.$$

1.5. Накопленный износ

Коэффициенты физического, функционального и экономического износов обычно вычисляются в долях или процентах от восстановительной стоимости или стоимости замещения, которые определяют:

- по сборникам укрупненных показателей с учетом индексов удорожания;
- по сметной стоимости;
- по современной стоимости аналогов по данным заводов-изготовителей с учетом затрат на монтаж.

Для определения коэффициента суммарного (накопленного) износа существует два подхода:

- аддитивный;
- мультипликативный.

Разница аддитивного и мультипликативного подходов состоит в выборе базы, относительно которой определяют коэффициенты физического, функционального и внешнего (экономического) износов.

При аддитивном подходе базой определения коэффициентов износа является восстановительная стоимость или стоимость замещения. В данном случае коэффициент суммарного износа K определяется сложением коэффициентов физического, функционального и экономического износов:

$$K = K_{\text{физ}} + K_{\text{фун}} + K_{\text{вн}}, \quad (1.4)$$

где $K_{\text{физ}}$, $K_{\text{фун}}$, $K_{\text{вн}}$ – коэффициенты физического, функционального и экономического износов соответственно.

При мультипликативном подходе базой для определения коэффициентов износа является стоимость, из которой исключены учтенные ранее

виды износа. В данном случае суммарный коэффициент износа определяется по формуле

$$K = 1 - (1 - K_{\text{физ}})(1 - K_{\text{фун}})(1 - K_{\text{вн}}). \quad (1.5)$$

Единого мнения по поводу того, какой из этих формул необходимо пользоваться для определения суммарного коэффициента износа, не существует. Сторонники мультипликативного подхода определения суммарного коэффициента износа исходят из того, что при использовании формулы (1.4) различные виды износа учитываются многократно. При больших значениях коэффициентов физического, функционального и внешнего износов суммарный коэффициент износа может превышать единицу, или 100%, что является, по их мнению, невозможным. Поэтому формулой (1.4) можно пользоваться только при небольших значениях коэффициентов физического, функционального и внешнего износов (5...10%). В данном случае результаты, полученные по формуле (1.4), оказываются близкими к результатам, полученным по формуле (1.5).

При мультипликативном подходе многократный учет различных видов износа исключается и в качестве довода предлагается формулу (1.5) привести к виду

$$K = K_{\text{физ}} + (1 - K_{\text{физ}})K_{\text{фун}} + (1 - K_{\text{физ}})(1 - K_{\text{фун}})K_{\text{вн}}. \quad (1.6)$$

Из (1.6) следует, что коэффициент физического износа определяется исходя из восстановительной стоимости или стоимости замещения; коэффициент функционального износа – исходя из восстановительной стоимости или стоимости замещения, из которой уже исключен физический износ; коэффициент экономического износа – исходя из стоимости, из которой исключены физический и функциональный износы. Как раз этим исключается двойной и тройной учет различных видов износа при определении суммарного коэффициента износа. Поэтому формулой (1.5) можно пользоваться при любых значениях коэффициентов физического, функционального и внешнего износов.

Сторонники аддитивного подхода считают, что формула (1.5) не отражает экономических реалий. Она имеет лишь одно кажущееся достоинство: с ее помощью можно всегда получить суммарный коэффициент износа материального объекта меньше единицы при любых значениях коэффициентов физического, функционального и внешнего износов. Но указанное достоинство является лишь иллюзией, поскольку совокупный коэффициент износа материального объекта не всегда меньше единицы. Например, в некоторый отдаленный район завезено оборудование, которое затем использовалось какое-то время и достаточно износилось. Далее, экономическая ситуация ухудшилась и некоторое оборудование оказалось ненужным. Собственник готов продать ненужное оборудование, но покупателя не находится, поскольку затраты на вывоз оборудования больше, чем

доход, который можно получить от его последующего использования. В данном случае коэффициент суммарного износа больше единицы. При необходимости освободить земельный участок, на котором расположено оборудование, его собственнику придется заплатить за вывоз ненужного оборудования без надежды компенсировать затраты за счет последующей продажи оборудования.

Приведенный пример, по мнению сторонников аддитивного подхода, является иллюстрацией того, что формула (1.5) является искусственным математическим образованием, не отражающим действительную зависимость коэффициента суммарного износа от его составляющих. Поэтому более правильным является использование формулы (1.4) для определения коэффициента суммарного износа. С доводами сторонников аддитивного подхода трудно не согласиться.

Обсудим правомерность использования формул (1.4) и (1.5). Для этого рассмотрим следующий пример. Требуется определить рыночную стоимость некоторого оборудования, проработавшего определенное время. В настоящее время данное оборудование уже не выпускается, и данных о его первоначальной стоимости нет. В настоящее время выпускается оборудование с близкими техническими характеристиками, но более совершенное. Следовательно, оцениваемое оборудование по сравнению с аналогом имеет функциональный износ, стоимость которого обозначим $C_{\text{фун}}$. Тогда первоначальную стоимость оцениваемого оборудования C определим как

$$C = C_{\text{ан}} - C_{\text{фун}}, \quad (1.7)$$

где $C_{\text{ан}}$ – стоимость аналога.

Формулу (1.7) приведем к виду

$$C = C_{\text{ан}} (1 - C_{\text{фун}}/C_{\text{ан}}) \quad \text{или} \quad C = C_{\text{ан}} (1 - K_{\text{фун}}), \quad (1.8)$$

где $K_{\text{фун}} = C_{\text{фун}}/C_{\text{ан}}$ – коэффициент функционального износа оцениваемого оборудования.

Определим остаточную стоимость C_0 оцениваемого оборудования, т.е. его стоимость с учетом стоимости физического износа $C_{\text{физ}}$:

$$C_0 = C - C_{\text{физ}}. \quad (1.9)$$

Формулу (1.9) перепишем в виде

$$C_0 = C(1 - C_{\text{физ}}/C) \quad \text{или} \quad C_0 = C(1 - K_{\text{физ}}), \quad (1.10)$$

где $K_{\text{физ}} = C_{\text{физ}}/C$ – коэффициент физического износа оцениваемого оборудования.

Подставив (1.8) в (1.10), получим окончательное выражение для остаточной стоимости оцениваемого оборудования:

$$C_0 = C_{\text{ан}}(1 - K_{\text{физ}})(1 - K_{\text{фун}})$$

или

$$C_o = C_{\text{ан}} \{1 - [1 - (1 - K_{\text{физ}})(1 - K_{\text{фун}})]\}. \quad (1.11)$$

Выражение в квадратных скобках формулы (1.11) представляет коэффициент суммарного износа:

$$K = 1 - (1 - K_{\text{фун}})(1 - K_{\text{физ}}).$$

Следовательно, в рассматриваемом примере для определения коэффициента суммарного износа, учитывающего физический и функциональный износы следует применять мультипликативный подход.

При наличии внешнего износа базой для определения коэффициента внешнего износа $K_{\text{вн}}$ также может служить стоимость аналога за вычетом стоимости функционального износа. В данном случае коэффициент суммарного износа будет определяться в соответствии с выражением

$$K = 1 - (1 - K_{\text{фун}})(1 - K_{\text{физ}} - K_{\text{вн}}). \quad (1.12)$$

Формула (1.12) является результатом комбинации аддитивного и мультипликативного подходов при определении коэффициента суммарного износа. Пусть в рассматриваемом примере физический износ, например, проявился в увеличении потребляемой энергии, а внешний износ – в снижении производительности за счет снижения спроса на производимую продукцию. В данном случае для определения коэффициентов физического и внешнего износов должна быть взята одна и та же база, т.е. стоимость аналога за вычетом стоимости функционального износа. Тогда коэффициент суммарного износа будет определяться формулой (1.12).

Теперь предположим, что рассматриваемое оборудование имеет физический износ, проявляющийся в снижении производительности. Оборудование полностью загружено. На момент оценки изменилась экономическая ситуация, и спрос на продукцию, производимую на оцениваемом оборудовании, сократился. Следовательно, оборудование будет работать с более низкой производительностью. Снижение производительности вызвано физическим и внешним износами, но для расчета соответствующих коэффициентов физического и внешнего износов нельзя пользоваться одной и той же базой. Для определения коэффициента физического износа базой является стоимость аналога за вычетом функционального износа. В качестве базы для определения коэффициента внешнего износа должна быть взята стоимость аналога за вычетом стоимости функционального и физического износов. Тогда коэффициент суммарного износа будет определяться формулой (1.5).

Если бы в рассматриваемом примере была известна первоначальная стоимость оцениваемого оборудования, а не стоимость ближайшего аналога, то для определения коэффициента суммарного износа более корректным было бы использование формулы (1.4), т.е. аддитивного подхода.

В заключение отметим, что в каждом конкретном случае нужно решать, каким подходом (аддитивным, мультипликативным или комбиниро-

ванным) необходимо воспользоваться для определения коэффициента суммарного износа.

Пример 1.6. Определить рыночную стоимость в пользовании по состоянию на 1 января 2001 года металлорежущего станка массой до 10 т с ручным управлением при следующих исходных данных: ввод в эксплуатацию 1 января 1989 года, восстановительная стоимость в ценах по состоянию на 1 января 2001 года 345 000 руб., техническое состояние хорошее, паспортная производительность станка 1000 деталей в смену, фактическая производительность станка из-за снижения спроса на выпускаемые изделия составляет 800 деталей в смену, потребляемая мощность станка 15 кВт·ч, в настоящее время выпускается аналогичный станок с идентичными техническими характеристиками и потребляемой мощностью 12 кВт·ч. Коэффициент "торможения цены" принять равным 0,7.

Решение.

1. Определяем коэффициент физического износа $K_{\text{физ}}$ по формуле

$$K_{\text{физ}} = T_{\text{эф}}/T_{\text{н}},$$

где $T_{\text{эф}}$ – эффективный возраст станка, годы; $T_{\text{н}}$ – нормативный срок службы, годы.

Поскольку станок находится в хорошем техническом состоянии, эффективный возраст равен действительному возрасту станка $T_{\text{д}}$. С момента ввода станка в эксплуатацию прошло 12 лет, т.е. $T_{\text{эф}} = T_{\text{д}} = 12$ лет.

Нормативный срок службы в годах определим по норме амортизационных отчислений a согласно формуле

$$T_{\text{н}} = 100/a.$$

Для данной группы оборудования норма амортизационных отчислений составляет 5% в год, следовательно,

$$T_{\text{н}} = 100/5 = 20; \quad K_{\text{физ}} = 12/20 = 0,6.$$

2. Находим коэффициент функционального износа $K_{\text{фун}}$ по формуле

$$K_{\text{фун}} = 1 - \left(\frac{P_{\text{а}}}{P_{\text{о}}}\right)^n,$$

где n – коэффициент "торможения цены"; $P_{\text{а}}$ – паспортная мощность аналога, кВт·ч; $P_{\text{о}}$ – паспортная мощность оцениваемого станка, кВт·ч.

$$K_{\text{фун}} = 1 - \left(\frac{12}{15}\right)^{0,7} = 0,14.$$

3. Получаем коэффициент внешнего износа $K_{\text{вн}}$ по формуле

$$K_{\text{вн}} = 1 - \left(\frac{\Pi_{\text{ф}}}{\Pi_{\text{н}}}\right)^n,$$

где $\Pi_{\text{ф}}$ – фактическая производительность станка, дет./смена; $\Pi_{\text{н}}$ – паспортная производительность станка, дет./смена. Имеем:

$$K_{\text{вн}} = 1 - \left(\frac{800}{1000}\right)^{0,7} = 0,15.$$

4. Определяем коэффициент накопленного износа по формуле (1.4):

$$K = 0,6 + 0,14 + 0,15 = 0,89.$$

5. Находим рыночную стоимость станка C_0 в рублях по формуле

$$C_0 = C(1 - K);$$

$$C_0 = 345\,000 \cdot (1 - 0,89) = 37\,950.$$

1.6. Модели обесценивания

Оборудование с износом до 5...7% на рынке условно можно отнести к новому. В таком состоянии у оборудования еще нет видимых дефектов и практически не изменены технико-экономические характеристики.

Со временем технико-экономические характеристики начинают заметно ухудшаться, накапливаются видимые дефекты и оборудование начинает быстро дешеветь.

Постепенно темп изменения стоимости оборудования падает. Оно пригодно к дальнейшей эксплуатации, но требует ремонта или замены короткоживущих элементов. Такое положение сохраняется достаточно долго, однако с какого-то момента времени некоторые детали и узлы начинают выходить из строя, технические параметры оборудования резко ухудшаются и оборудование резко дешевеет.

Затем оборудование переходит в стадию предельного износа. Данная стадия отсутствует для ряда оборудования, например, для ядерного реактора. В этой стадии оборудование не способно выполнять ряд функций и в любой момент может полностью выйти из строя. Характерной особенностью данной стадии является экономическая нецелесообразность ремонта.

В какой-то момент времени оборудование больше не может выполнять свои функции. В этот момент стоимость оборудования резко падает до некоторого уровня: стоимости лома или утиля, если данное оборудование еще способно выполнять некоторые альтернативные функции. Данная величина рассчитывается с учетом демонтажа или транспортировки к месту утилизации, она может быть отрицательной.

Обесценивание машин и оборудования, т.е. экономические последствия физического износа, проявляется:

- в уменьшении полезности, т.е. в уменьшении экономического эффекта от использования машин и оборудования;
- в увеличении затрат на техническое обслуживание (ремонт), т.е. поддержание машин и оборудования в работоспособном и исправном техническом состоянии.

Величина остаточной стоимости C_0 машин и оборудования может быть определена как разность между восстановительной стоимостью, или стоимостью замещения C , и стоимостью обесценивания $C_{\text{физ}}$, вызванного физическим износом:

$$C_0 = C - C_{\text{физ}} \quad \text{или} \quad C_0 = C \left(1 - \frac{C_{\text{физ}}}{C} \right),$$

где $C_{\text{физ}}/C$ – коэффициент физического износа.

Обозначим коэффициент физического износа через некоторую функцию времени $K_{\text{физ}}(t)$, зависящую от срока эксплуатации оцениваемых машин и оборудования, тогда окончательно получим

$$C_0 = C[1 - K_{\text{физ}}(t)]. \quad (1.13)$$

Величина в скобках правой части выражения (1.13) представляет собой относительный уровень остаточной стоимости машин и оборудования. Обозначим его R :

$$R = 1 - K_{\text{физ}}(t). \quad (1.14)$$

Функция (1.14) должна удовлетворять следующим условиям:

- она должна быть положительной, так как коэффициент физического износа (обесценивание) не может быть больше единицы (100%);
- она должна быть убывающей, так как чем больше обесценивание, тем меньше остаточная стоимость, при этом необходимо учитывать, что проведение капитальных ремонтов и модернизаций может временно снижать обесценивание машин и оборудования, увеличивая их остаточную стоимость;
- она должна быть равной единице при $t = 0$, так как в начальный период эксплуатации машины не подвержены физическому износу, и остаточная стоимость равна первоначальной;
- она должна быть равной нулю при $t = T_n$ (T_n – нормативный срок службы).

Перечисленным условиям удовлетворяют следующие модели обесценивания, т.е. изменение остаточной стоимости от времени:

- линейная;
- кусочно-линейная.

Линейная модель динамики остаточной стоимости описывается следующим уравнением:

$$R = 1 - T_{\text{эф}}/T_n, \quad (1.15)$$

где $T_{\text{эф}}$ – эффективный возраст машин и оборудования.

Эффективный возраст машин и оборудования является аналогом биологического возраста человека или животных, т.е. отвечающий на вопрос "на сколько лет машины или оборудование выглядят". В зависимости от условий эксплуатации и технического обслуживания эффективный срок службы может быть меньше, равен или больше действительного (хронологического) срока службы (см. параграф 2.2).

Задача определения эффективного возраста эквивалентна задаче определения реального физического износа. Она не может быть решена умозрительно, например, по сроку службы оцениваемого объекта, а только в результате его осмотра, проведения испытаний и последующей оценки

ожидаемого остаточного срока службы. Эффективный возраст в данном случае будет определяться по формуле (2.1), приведенной в параграфе 2.2:

$$T_{эф} = T_n - T_0,$$

где T_0 – остаточный срок службы.

График модели (1.15) приведен на рис. 1.1.

Нормативный срок службы берется из эксплуатационных документов на данное оборудование. Если в эксплуатационных документах нормативный срок службы не приведен, то его можно определить по норме амортизационных отчислений a для данной группы машин и оборудования по формуле

$$T_n = 1/a \quad \text{или} \quad T_n = 100/a,$$

если норма амортизационных отчислений выражена в процентах.

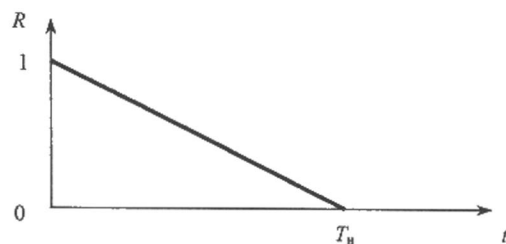


Рис. 1.1. Линейная модель зависимости остаточной стоимости от срока службы объекта оценки

Капитальный ремонт частично или полностью (для устранимого износа) восстанавливает потребительские свойства машин и оборудования и тем самым уменьшает их физический износ, а следовательно, обесценивание. Другими словами, капитальный ремонт увеличивает расчетный срок службы объекта оценки или уменьшает его эффективный возраст. Часто в эксплуатационных документах указывают не нормативный срок службы, а срок службы до первого капитального ремонта.

Расчетный срок службы T_p машин и оборудования, увеличенный сверх нормативного благодаря капитальному ремонту, может быть определен по формуле

$$T_p = T_k + (1 - K_{физ})T_n,$$

где T_k – дата проведения капитального ремонта; $K_{физ}$ – коэффициент физического износа после проведения капитального ремонта.

Увеличение расчетного срока службы за счет капитального ремонта показано на рис. 1.2.

Капитальный ремонт часто сопровождается модернизацией машин и оборудования, переводящей их в другое качество. При этом уменьшается

не только степень физического износа, но и увеличивается база отсчета, т.е. восстановительная стоимость модернизированного объекта.

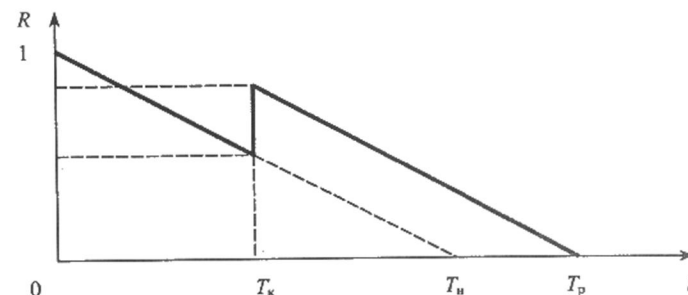


Рис. 1.2. Увеличение срока службы объекта оценки за счет капитального ремонта

Учет капитального ремонта объекта при определении его физического износа рассмотрен в параграфе 2.3.

Линейная модель динамики остаточной стоимости предполагает, что по истечении нормативного (паспортного) срока службы ($t = T_n$) объект полностью теряет способность выполнять свои функции, т.е. не может быть использован по назначению, и его относительный уровень остаточной стоимости R становится равным нулю.

Однако на практике машины и оборудование, выработавшие свой нормативный срок службы, в течение некоторого времени часто еще сохраняют работоспособное техническое состояние, даже если во время эксплуатации они не подвергались капитальному ремонту. Поэтому более правильной, чем линейная, является **кусочно-линейная модель** изменения уровня остаточной стоимости объекта R от времени t , которая может быть описана выражением вида

$$R = R_n + (1 - R_n) \frac{T_n - t}{T_n}, \quad (1.16)$$

где R_n – предельный относительный уровень остаточной стоимости, сохраняющийся некоторое время после выработки оборудованием своего паспортного срока службы T_n .

Модель (1.15) является частным случаем модели (1.16), т.е. если положить $R_n = 0$, то можно прийти к линейной модели. В отличие от линейной модели, кусочно-линейная модель дает другие пределы изменения относительной остаточной стоимости ($1 \geq R \geq R_n$), а также более замедленную динамику ее уменьшения, так как уравнение (1.16) имеет меньший угловой коэффициент по сравнению с уравнением (1.15).

В зарубежных источниках модель (1.16) называют моделью **сервис-фактора**. Графическое отображение модели (1.16) показана на рис. 1.3.

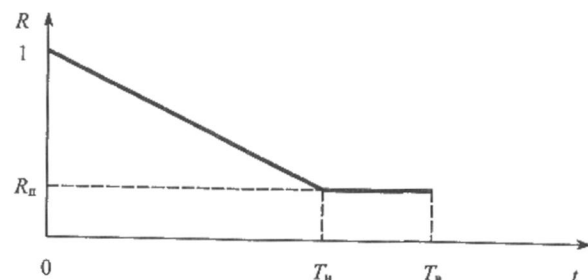


Рис. 1.3. Кусочно-линейная модель динамики изменения остаточной стоимости (T_n – дата вывода из эксплуатации)

Для различных групп машин и оборудования предельное значение относительной остаточной стоимости R_n различно и определяется их разработчиками или экспертами.

Обе рассмотренные модели предполагают равномерность протекания физического износа и изменения остаточной стоимости от времени. На практике даже при нормальных условиях эксплуатации эти процессы протекают неравномерно, так как интенсивность износа различных узлов и деталей машин и оборудования различна, а также различна степень влияния их износа на остаточную стоимость объекта в целом. Поэтому реальная кривая изменения остаточной стоимости машин и оборудования от срока их эксплуатации имеет более сложный характер.

1.7. Надежность. Связь физического износа с ресурсом и сроком службы

Надежность – свойство машин и оборудования сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих их способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения, транспортирования.

Техническое обслуживание – комплекс операций или операция по поддержанию работоспособности или исправности изделия при использовании по назначению, ожидании, хранении и транспортировании.

Техническое обслуживание содержит регламентированные в конструкторской документации операции для поддержания работоспособности или исправности изделия в течение его срока службы. В техническое обслуживание входят мойка изделия, контроль его технического состояния, очистка, смазывание, крепление болтовых соединений, замена составных частей изделия, например фильтров, регулировка и т.д.

Операция технического обслуживания – в соответствии с ГОСТ 3.1109–73 это законченная часть технического обслуживания составной части изделия, выполняемая на одном рабочем месте исполнителем определенной специальности.

Транспортирование – в соответствии с ГОСТ 14308–74 это операция перемещения груза по определенному маршруту от места погрузки до места разгрузки или перегрузки.

Перемещение самоходных изделий своим ходом не включается в транспортирование.

Ожидание – нахождение изделия в состоянии готовности к использованию по назначению.

Техническое состояние – состояние, которое характеризуется в определенный момент времени, при определенных условиях внешней среды значениями параметров, установленных технической документацией на объект.

К факторам, приводящим к изменению технического состояния объекта, относятся:

- воздействие климатических условий;
- старение с течением времени;
- операции регулировки и настройки в ходе изготовления или ремонта;
- замена отказавших элементов и т.п.

Об изменении технического состояния объекта судят по значениям диагностических (контролируемых) параметров, позволяющих определить техническое состояние объекта без его разборки.

Диагностический (контролируемый) параметр – параметр объекта, используемый при его диагностировании (контроле).

Ремонт – комплекс операций по восстановлению исправности или работоспособности изделий и восстановлению ресурсов изделий или их составных частей.

Операция ремонта – в соответствии с ГОСТ 3.1109–73 это законченная часть ремонта, выполняемая на одном рабочем месте исполнителями определенной специальности.

Ремонт включает в себя разборку, дефектовку, контроль технического состояния изделия, восстановление деталей, сборку и т.д. Содержание части операций ремонта может совпадать с содержанием некоторых операций технического обслуживания.

Надежность определяется безотказностью, долговечностью, ремонтопригодностью, сохраняемостью.

Долговечность – свойство машин и оборудования сохранять работоспособное техническое состояние до наступления предельного технического состояния.

Предельное техническое состояние – техническое состояние машин и оборудования, при котором дальнейшее их применение недопустимо или нецелесообразно.

Отказ – событие, заключающееся в нарушении работоспособного технического состояния.

Повреждение – событие, заключающееся в нарушении исправного технического состояния машин и оборудования при сохранении их работоспособности.

Обычно в нормативно-технической и конструкторской документации устанавливаются диагностические признаки, соответствующие исправному и предельному техническому состоянию, возможные критерии отказа.

Центральное место в проблеме надежности машин и оборудования занимает износ, с которым тесно связаны технический ресурс и срок службы.

Технический ресурс – наработка от начала эксплуатации машин и оборудования до перехода их в предельное техническое состояние.

Наработка – продолжительность или объем работы машин и оборудования, выраженные в тех или иных единицах (часах, штуках изготовленных деталей, тонно-километрах, тоннах переработанных материалов) за рассматриваемый срок службы.

Срок службы – календарная продолжительность эксплуатации машин и оборудования до наступления предельного технического состояния.

Способность машин и оборудования выполнять требуемые функции оценивается различными параметрами, характеризующими производительность, экономичность, безопасность, или силовыми, кинематическими, динамическими, точностными, акустическими и другими свойствами.

Ресурс и срок службы не исключают, а взаимно дополняют друг друга. Например, из двух машин с одинаковым сроком службы более долговечной будет та, которая обладает большим ресурсом, т.е. обеспечивает большую наработку за рассматриваемый срок службы.

С развитием износа машины и оборудование достигают предельно технического состояния. В результате эксплуатацию машин и оборудования приостанавливают для проведения ремонта либо полностью прекращают, после чего списывают машины и оборудование.

Изучение закономерности износа показывает, что любые машины и оборудование имеют завершающую стадию срока службы, которая характеризуется:

- резким возрастанием затрат на ремонт из-за изнашивания наиболее дорогостоящих узлов и деталей;
- увеличением затрат на поддержание безопасной эксплуатации;
- ухудшением эксплуатационных характеристик, значения которых приближаются к критическим.

По мере износа машин и оборудования поддержание их выходных параметров: производительности, качества продукции и услуг, КПД, мощно-

сти, точности функционирования – обходится все дороже и дороже. Ресурс и срок службы оценивают временем до первого капитального ремонта, временем между двумя последовательными капитальными ремонтами; временем всего срока службы от начала эксплуатации до списания. Для каждого типа машин и оборудования существует оптимальный срок службы, при котором суммарные затраты на единицу наработки будут минимальны. Также установлены нормативные сроки службы, на основе которых определены нормы или коэффициенты амортизации. Однако реальные сроки службы сильно зависят от следующих факторов:

- режима эксплуатации;
- наличия пиковых нагрузок;
- качества и периодичности технического обслуживания и ремонта;
- состояния окружающей среды.

Реальным проявлением физического износа является уменьшение годового объема полезной работы или годовой производительности с возрастом машин и оборудования. Уменьшение годовой производительности вызвано, главным образом, увеличением простоев на проведение ремонта и технического обслуживания, уменьшающих полезный фонд рабочего времени. С наработкой износ начинает сказываться на технических параметрах, что также снижает производительность. Например, у металлорежущих станков снижается точность обработки, увеличивается выход бракованной продукции. Это требует более частых проверок и подналадок. У транспортных средств падает мощность двигателя, что ведет к снижению грузоподъемности и скорости. Производительность грузового автомобиля за 8–10 лет эксплуатации снижается на 50...60%, металлорежущих станков – на 25%.

Устранение отказов и повреждений, а следовательно, восстановление работоспособного технического состояния машин и оборудования осуществляется при техническом обслуживании, а также при неплановых ремонтах. Приблизительно экономический ущерб от отказов может быть оценен произведением числа отказов за некоторый период времени на "цену отказа", т.е. среднюю стоимость устранения одного отказа и связанных с ним потерь. С наработкой "цена отказа" увеличивается, так как по мере износа машин и оборудования возрастает доля тяжелых отказов, требующих более высоких затрат времени и средств на их устранение и вызывающих в некоторых случаях вторичные разрушения.

Хотя физический износ машин и оборудования идет непрерывно, затраты на все виды плановых ремонтов носят дискретный характер, т.е. они имеют место не постоянно по ходу эксплуатации, а через некоторые промежутки времени, когда выполняются эти работы.

При годовом исчислении динамика ремонтных затрат несколько сглаживается. В годы, когда проводится капитальный ремонт, имеют место характерные подъемы годовых ремонтных затрат.

Общая закономерность в динамике ремонтных затрат состоит в том, что затраты на очередной ремонт растут по мере увеличения его порядкового номера, а также по мере увеличения продолжительности предшествующего ремонтного цикла.

Процесс развития физического износа протекает неравномерно и, соответственно, неравномерно снижается остаточная стоимость машин и оборудования.

1.8. Периоды изнашивания узлов трения машин и оборудования

Типичный вид протекания процесса изнашивания во времени представлен на рис. 1.4, а. Для данного случая можно выделить три характерных периода изнашивания:

I – начальное изнашивание, наблюдаемое при приработке поверхностей деталей узла трения;

II – установившееся изнашивание ($\operatorname{tg} \alpha = \text{const}$), соответствующее нормальной эксплуатации машин и оборудования;

III – резкое возрастание скорости изнашивания, соответствующее стадии катастрофического изнашивания.

С точки зрения интенсивности изнашивания период приработки деталей является нестационарным процессом. Система автоматически приспособляется к оптимальным условиям взаимодействия деталей, т.е. это период саморегулирования. В период приработки происходит изменение макро- и микрогеометрии поверхностей трения, обычно уменьшаются сила трения и температура в зоне контакта деталей, снижаются контактные давления вследствие увеличения фактической площади контакта, происходят структурные, физические, химические и механические изменения поверхностных слоев. Данному периоду изнашивания соответствуют приработочные отказы.

При установившемся изнашивании стабилизируются сила трения, температура в зоне контакта, интенсивность (скорость) изнашивания, т.е. процесс изнашивания является стационарным во времени. Данному периоду изнашивания соответствует период нормальной эксплуатации машин и оборудования, при котором могут иметь место внезапные отказы, связанные со скрытыми дефектами.

В соответствии с ГОСТ 17102–71 **скрытый дефект** – это дефект, для выявления которого в нормативной документации не предусмотрены необходимые правила, методы и средства контроля.

При установившемся изнашивании происходит нормальный (естественный) износ при правильной длительной эксплуатации машин и оборудования, т.е. в результате выработки их ресурса.

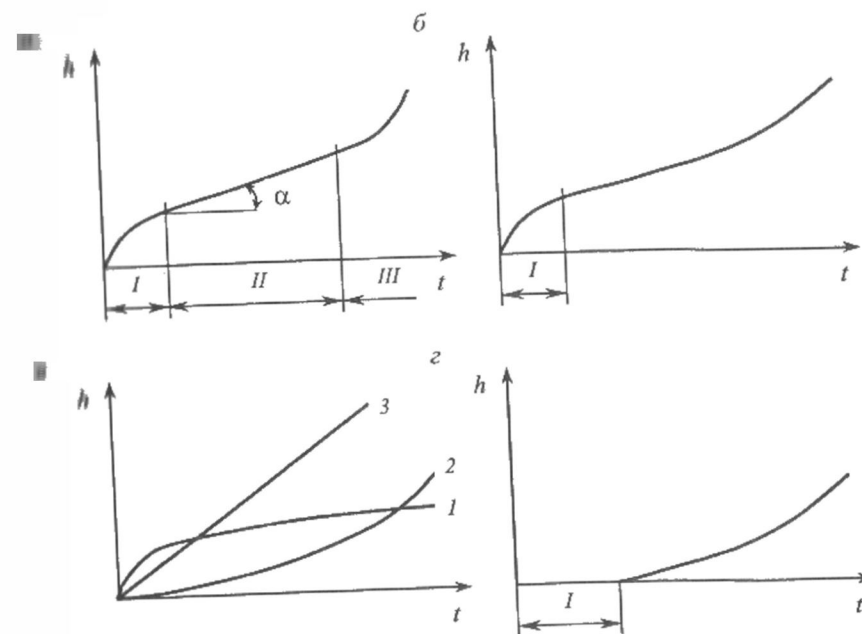


Рис. 1.4. Кривые изнашивания

Период катастрофического изнашивания вызывается следующими причинами:

- изменением геометрических характеристик сопряжения;
- повышением динамических нагрузок;
- повышением температур;
- истиранием защитных износостойких поверхностных слоев деталей;
- изменением свойств (старением) смазочных материалов;
- увеличением зазоров в сопряжениях, ухудшающим условия жидкостного трения.

Данному периоду соответствует аварийный (прогрессирующий) износ, происходящий в течение короткого времени и достигающий таких размеров, при которых дальнейшая эксплуатация машин и оборудования становится невозможной. При определенных значениях изменений в результате изнашивания возникает предельный износ, вызывающий резкое ухудшение эксплуатационных параметров отдельных узлов или машин и оборудования в целом, что, в свою очередь, требует необходимости проведения ремонтных работ.

В некоторых случаях процесс изнашивания протекает по другим закономерностям. Кривая на рис. 1.4, б соответствует случаю, когда после окончания приработки постепенно накапливаются факторы, ускоряющие изнашивание, в силу этого отсутствует период установившегося изнашивания. Кривые на рис. 1.4, в соответствуют случаям, когда отсутствует приработка и период установившегося изнашивания наступает с начала эксплуатации машин и оборудования. Кривые различаются зависимостями изменения скорости изнашивания от времени. Эти закономерности изнашивания характерны для инструмента и рабочих органов машин. Характер кривой 1 (рис. 1.4, в) соответствует износу цилиндропоршневых пар, 2 – износу режущего инструмента, некоторым типам подшипников скольжения из самосмазывающихся материалов при усиливающемся воздействии абразива, а также при микросхватывании поверхностей в вакууме, 3 – стационарному износу некоторых композиционных материалов. Кривая изнашивания на рис. 1.4, г относится к деталям, находящимся под действием контактных давлений, причем эти детали длительное время работают практически без истирания. Начавшееся усталостное выкрашивание поверхностных слоев усиливается под воздействием продуктов разрушения. Данному процессу изнашивания подчиняются сравнительно быстроходные средненагруженные закрытые зубчатые передачи при хорошей смазке.

1.9. Предельные износы и сроки службы

Для определения предельных износов руководствуются тремя критериями:

- техническим;
- функциональным;
- экономическим.

Технический критерий предельного износа

Согласно техническому критерию предельному значению износа соответствует:

- резкое возрастание интенсивности изнашивания;
- снижение прочности деталей вследствие изменения их размеров при износе;
- усиление влияния износа рабочего органа или деталей сопряжения на работоспособность других деталей;
- самовыключение механизма при работе.

Примеры влияния износа одного сопряжения на работоспособность других деталей и узлов:

- увеличение коэффициента динамичности с ростом зазоров в шатунных подшипниках. Коэффициент динамичности – отношение максималь-

ной абсолютной величины ускорения выходного звена с учетом упругости звеньев к максимальной абсолютной величине ускорения этого же звена без учета упругости звеньев;

- появление ударов в реверсивной зубчатой передаче вследствие увеличения бокового зазора между зубьями;
- прогрессирующая неравномерность распределения нагрузки по ширине зубчатого венца колес из-за перекоса валов, вызванного износом подшипников.

В отдельных случаях значительный износ может привести к нарушению кинематического взаимодействия деталей, а в результате – к полному прекращению работы механизма.

Рассмотрим для примера износ деталей храпового механизма.

Храповой механизм – устройство, в котором относительное движение звеньев возможно только в одном направлении. Храповые механизмы применяют в качестве задерживающего устройства в грузоподъемных машинах (грузоупорный тормоз, домкраты), в передачах периодического вращательного движения (устройства для преобразования качательного движения в однонаправленное движение) и т.д.

В отдельных случаях даже незначительный износ может привести к прекращению работы механизма. Например, при большом числе зубьев звездочек цепной передачи цепь изнашивается медленнее, чем при малом. Однако при незначительном износе в данном случае может нарушиться зацепление цепи с зубьями звездочек.

Функциональный критерий предельного износа

Предельный износ по функциональному критерию соответствует предельно допустимому отклонению качества (точности) функционирования от нормы.

Экономический критерий предельного износа

В основу экономического критерия предельного износа положены экономические показатели функционирования машин и оборудования.

Примеры экономических показателей:

- наименьшие затраты на единицу выработки при сохранении качества в заданных пределах. Данный показатель является экономическим критерием оптимального срока службы, межремонтного периода;
- наибольшая эксплуатационная производительность машины при сохранении качества выработки в заданных пределах.

По экономическому критерию предельный срок службы определяют следующим образом.

Так как с увеличением срока службы амортизационные расходы на единицу продукции уменьшаются, а эксплуатационные затраты возрастают, то существует минимум суммарных затрат. Если построить графики амортизационных расходов на единицу продукции, связав зависимости текущей выработки, эксплуатационных расходов и суммарных затрат, то значение минимальной ординаты последнего графика определит предельный срок службы по экономическому критерию. Если изношенные детали повторно используют после ремонта, то при экономическом анализе учитывают и расходы на ремонты, возрастающие при большей степени износа.

Экономический критерий является наиболее общим. Им руководствуются, когда изменение того или иного показателя износа или их совокупности заметно влияет на экономичность работы машины.

Технический и функциональный критерии являются основными, когда можно не считаться с рентабельностью работы машины.

Скорость изнашивания

Срок службы деталей или узлов определяется не только по предельным износам в соответствии с тем или иным критерием.

На срок службы также влияют усталость, контактная усталость, коррозия и другие факторы, например:

- ресурс коленчатого вала с центробежной очисткой масла в полостях ограничен отложениями в кривошипных шейках и износом;
- переборку редукционного клапана масляного насоса вызывает накопление отложений;
- основной причиной выбраковки подшипников качения, расположенных в труднодоступных и плохо защищенных местах, является коррозия.

Согласно графику изнашивания (рис. 1.5) срок службы детали или узла определяют по формуле

$$T_h = (h_{\max} - h_0) / J_h,$$

где h_{\max} – предельный износ; h_0 – начальный износ (приработочный); $J_h = \tan \alpha$ – скорость изнашивания.

Для расчета необходимо установить предельный износ и знать скорость изнашивания.

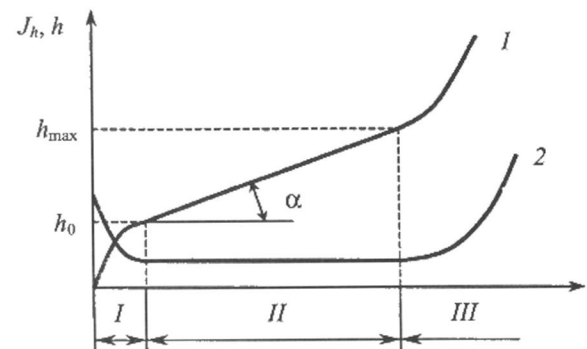


Рис. 1.5. График изнашивания:
1 – кривая изнашивания; 2 – кривая скорости изнашивания

Износ деталей или узлов нередко характеризуется несколькими показателями. Важно выявить наиболее существенный из них по воздействию на работоспособность. Например:

- на работу подшипника скольжения влияет не только увеличение зазора, но и искажение формы деталей (отклонение от круглости), которое ведет к изменению режима трения при жидкостной смазке;
- для приводных втулочно-роликовых цепей установлена прямо пропорциональная зависимость показателя износа: удлинение шага цепи от среднего давления в шарнирах.

Определить скорость изнашивания в реальных узлах трения можно только на основании опыта эксплуатации, но при этом наблюдается большой разброс результатов. В каждый момент времени скорость изнашивания деталей является функцией многих переменных факторов:

- неоднородности материалов;
- отличия исходных действительных размеров деталей в пределах допусков;
- различия условий эксплуатации;
- различия характеристик перерабатываемого материала.

Так как достоверные данные по скорости изнашивания каждой детали или узла получить невозможно, то важны результаты статистической обработки данных о сроках службы.

Учитывая, что при длительной эксплуатации начальный износ обычно составляет небольшую часть полного износа, можно определить скорость изнашивания как частное от деления полного износа на время работы машины, включая время приработки. Такие данные имеются для многих машин массового производства.

Методы определения износа

Существуют прямые и косвенные методы определения износа.

К прямым методам определения износа относятся:

- взвешивание и измерение размеров деталей до и после эксплуатации;
- профилографирование поверхностей трения;
- нанесение на поверхности деталей углублений, отпечатков алмазных пирамид и замер их или их слепков до и после эксплуатации;
- определение количества продуктов износа в масле спектральным методом или методом меченых атомов.

Косвенные методы определения износа основаны на измерении тех или иных параметров, позволяющих без разборки машин и оборудования оценить изменение их технического состояния в результате изнашивания. Например, состояние деталей цилиндропоршневой группы двигателей может быть оценено по давлению в цилиндре в конце сжатия, а также по расходу масла или по утечке газов в картер. Износ плунжерных пар оценивают по гидравлической плотности пары и по коэффициенту подачи. Суммарный износ цапфы вала и подшипника скольжения можно определить по смещению вала. Существует ряд приспособлений для замера зазоров в сопряжениях деталей автомобильных двигателей без разборки узлов. Косвенным критерием оценки износа являются параметры вибрации и шума.

Признаками, характеризующими изменение состояния поверхности деталей вследствие изнашивания, являются:

- вырывы металла и крупные царапины (задиры), характерные для твердых материалов;
- налипание на поверхность одной детали материала другой детали, например, бронзы на сталь (червячные передачи);
- царапины на поверхности трения, расположенные в направлении скольжения; при этом в смазочном материале могут быть обнаружены абразивные частицы;
- наличие на поверхности трения блестящих участков с невысокой шероховатостью;
- различные дефекты на поверхностях: трещины, перпендикулярные скоростям скольжения; отслаивание гальванических покрытий; очаги коррозии; наличие цветов поблужности.

1.10. Классы износостойкости

Анализ структуры отказов машин и оборудования показывает, что их надежность и работоспособность в целом зачастую определяется техническим состоянием узлов трения.

Для объективного контроля и прогнозирования технического состояния узлов трения на всех стадиях их жизненного цикла необходимо введение нормативных унифицированных показателей триботехнического (*tribology*, греч. – трение) качества.

Наиболее универсальным показателем является интенсивность линейного изнашивания J_h или износостойкость I ($J_h = I^{-1}$) деталей узлов трения.

Значения износостойкости различных узлов трения колеблются в широких пределах: $I = 10^3 \dots 10^{13}$. Для отнесения узла или детали к определенному классу их износостойкость представляют в показательной или логарифмической форме:

$$I = \alpha_K \cdot 10^K; \lg I = K + \lg \alpha_K,$$

где K – целое число, обозначающее номер класса износостойкости; $1 \leq \alpha_K \leq 10$; $0 \leq \lg \alpha_K \leq 1$ – мантисса логарифма.

Установлено 10 классов износостойкости: от 3 до 12 (табл. 1.2). Нижняя граница износостойкости I в каждом классе не входит в его состав. Каждый класс износостойкости разбивается на пять разрядов. Отнесение к определенному разряду производится в соответствии с табл. 1.3.

Таблица 1.2. Классы износостойкости

К	И	К	И
3	10^3-10^4	8	10^8-10^9
4	10^4-10^5	9	10^9-10^{10}
5	10^5-10^6	10	$10^{10}-10^{11}$
6	10^6-10^7	11	$10^{11}-10^{12}$
7	10^7-10^8	12	$10^{12}-10^{13}$

Для обозначения класса износостойкости устанавливают буквенно-цифровой символ. Например, КИ 10/4 обозначает четвертый разряд десятого класса износостойкости, что соответствует диапазону $3,98 \cdot 10^{10} \leq I \leq 6,31 \cdot 10^{10}$. КИ 9/2 – 10/4 означает интервал износостойкости между вторым разрядом девятого класса и четвертым разрядом десятого класса, что соответствует диапазону $1,59 \cdot 10^9 \leq I \leq 6,31 \cdot 10^{10}$.

В табл. 1.4 приведены виды изнашивания машин и оборудования, а в табл. 1.5 – типичные значения интенсивности изнашивания и соответствующие им классы износостойкости.

Таблица 1.3. Разряды износостойкости

Разряд износостойкости	α_k	$\lg \alpha_k$
1	1,0–1,59	0–0,2
2	1,59–2,51	0,2–0,4
3	2,51–3,98	0,4–0,6
4	3,98–6,31	0,6–0,8
5	6,31–10,0	0,8–1,0

Таблица 1.4. Виды изнашивания

Вид изнашивания	Машины, оборудование, приборы, инструменты, узлы
Абразивное	Сельскохозяйственные, горные, дорожные, строительные, транспортные, металлургические машины, нефтегазопромысловое оборудование, абразивные станки, лопатки газовых турбин, рабочие колеса, направляющие гидравлических турбин, трубы и насосы земснарядов и др.
Коррозионно-механическое	Машины, аппараты, оборудование нефтехимической, пищевой, горно-металлургической, деревоперерабатывающей, микробиологической промышленности, нефтегазопромысловое оборудование и др.
Адгезионное	Космическая, вакуумная техника, оборудование атомных реакторов, механизмы в газовых и жидких агрессивных средах и др.
Усталостное	Зубчатые передачи, подшипники качения, скольжения, катки, кулачковые механизмы, валки, фрикционные передачи и др.
Фреттинг-коррозия	Самолеты, вертолеты, ядерные реакторы, газотурбинные двигатели, заклепочные, болтовые, шлицевые, шпоночные, штифтовые соединения, муфты, рессоры, клапаны, регуляторы электрических контактов и др.
Эрозионное	Гидромашины, турбобуры, газовые турбины, пневмотранспорт, газодобывающие агрегаты и др.
Кавитационное	Гидромашины, гребные винты, рабочие колеса насосов, лопасти гидротурбин и др.
Заедание	Тяжело нагруженные узлы трения, зубчатые передачи, кулачки, шарнирные соединения, цилиндропоршневые пары, золотниковые устройства, направляющие, стационарные контакты при вибрациях и др.

Таблица 1.5. Интенсивности изнашивания и классы износостойкости

Машина (узел), установка, агрегат, инструмент	Деталь, элемент	Линейная интенсивность изнашивания J_k	Класс износостойкости КИ
Двигатель внутреннего сгорания	Поршневое кольцо	$10^{-9}-10^{-12}$	9–12
	Гильза цилиндра	$10^{-9}-10^{-12}$	9–12
	Шатунная шейка коленчатого вала	$10^{-10}-10^{-12}$	10–12
	Коренная шейка коленчатого вала	$10^{-10}-10^{-12}$	10–12
Станок, инструмент	Направляющие	$10^{-8}-10^{-11}$	8–11
	Режущий инструмент	$10^{-4}-10^{-8}$	4–8
Тормозное устройство	Фрикционная накладка, тормозной диск	$10^{-6}-10^{-9}$	6–9
Уплотнительное устройство	Изнашивающийся элемент	$10^{-5}-10^{-9}$	5–9
Подшипник скольжения, шарнир	Вал, втулка при устойчивой жидкостной смазке, самосмазывающаяся пара и с твердыми смазочными покрытиями	$10^{-5}-10^{-10}$	5–10
Тяжело нагруженный редуктор	Зубчатое колесо	$10^{-7}-10^{-9}$	7–9
Передача винт-гайка с трением скольжения	Гайка	$10^{-7}-10^{-10}$	7–10
Тяжело нагруженные авиационные шарнирные соединения	Изнашивающийся элемент при использовании пластичной смазки	$10^{-5}-10^{-9}$	5–9
Экскаватор	Зубчатое колесо (открытое)	$10^{-6}-10^{-8}$	6–8
	Опорно-поворотный круг	$10^{-8}-10^{-10}$	8–10
	Зуб ковша	$10^{-3}-10^{-5}$	3–5
Буровое долото	Опора скольжения	$10^{-5}-10^{-7}$	5–7
Грунтосмесительная машина	Лопатка ротора	$10^{-6}-10^{-8}$	6–8
Пневматическая шина	Протектор шины	$10^{-7}-10^{-10}$	7–10
Фрикционная пара колесо-рельс	Колесо, рельс	$10^{-7}-10^{-10}$	7–10
Кулачковый механизм	Кулачок, толкатель	$10^{-7}-10^{-10}$	7–10
Конвейерная лента	Обкладка, трущийся элемент	$10^{-7}-10^{-9}$	7–9
Сельскохозяйственный плуг	Лемех плуга	$10^{-4}-10^{-6}$	4–6

2. МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ФИЗИЧЕСКОГО ИЗНОСА

2.1. Общие сведения

Различают следующие группы методов определения коэффициента физического износа [2]:

- экспертные;
- экономико-статистические;
- экспериментально-аналитические.

Экспертная группа методов основана на заключении специалистов-экспертов или оценщиков о фактическом техническом состоянии машин и технологического оборудования исходя из следующих факторов:

- внешнего вида;
- режима эксплуатации;
- состояния окружающей среды;
- периодичности технического обслуживания и ремонтов.

При использовании экспертных методов требуется высокий уровень знаний о конструкции и эксплуатационных характеристиках оцениваемых машин и технологического оборудования. К данным методам относятся:

- метод эффективного возраста;
- метод экспертизы состояния.

Экономико-статистические методы используются, когда имеется достоверная информация об эксплуатационных характеристиках и экономических показателях оборудования. К данной группе методов относятся:

- метод снижения доходности;
- метод стадии ремонтного цикла.

При использовании **экспериментально-аналитической группы методов** требуется проведение испытаний оборудования на точность, правильность функционирования, а также наличие нормативно-технической документации. К данной группе методов относятся:

- метод снижения потребительских свойств;
- метод поэлементного расчета;
- прямой метод.

Использование того или иного метода определения коэффициента физического износа зависит от цели оценки, стоимости оцениваемого оборудования, полноты информации об оцениваемом оборудовании и т.д. В каждом конкретном случае оценщик сам должен сделать вывод о возможности и необходимости применения того или иного метода.

2.2. Метод эффективного возраста

Эффективный возраст – это возраст, определяемый состоянием и полезностью машин и оборудования.

Метод эффективного возраста основан на предположении, что можно в достаточной степени вероятности определить остаточный срок службы оборудования, например, с помощью методов технической диагностики. Зная нормативный и остаточный сроки службы, эффективный возраст оборудования $T_{эф}$ можно рассчитать по формуле

$$T_{эф} = T_n - T_{ост}, \quad (2.1)$$

где T_n – нормативный срок службы; $T_{ост}$ – остаточный срок службы.

Остаточный срок службы – оцененный период времени, в течение которого машины и технологическое оборудование будут вносить вклад в стоимость производимой продукции.

Нормативный срок службы – период времени, в течение которого машины и технологическое оборудование вносят вклад в стоимость производимой продукции.

Нормативный срок службы определяется из технологической документации на машины и технологическое оборудование либо по нормам амортизационных отчислений, а остаточный срок службы – экспертно с привлечением соответствующих специалистов. При отсутствии данных об остаточном сроке службы допускается принимать значение эффективного возраста, равным действительному возрасту машин и технологического оборудования ($T_{эф} = T_d$).

Действительный возраст (T_d) – это время с момента производства оборудования.

Если имеются данные о загрузке оборудования, то эффективный возраст можно определить по формуле

$$T_{эф} = T_d K_{заг},$$

где $K_{заг}$ – коэффициент загрузки оборудования.

Коэффициент физического износа равен

$$K = T_{эф} / T_n. \quad (2.2)$$

Существуют следующие варианты соотношения между эффективным и действительным возрастами:

- 1) $T_{эф} < T_d$;
- 2) $T_{эф} = T_d$;
- 3) $T_{эф} > T_d$.

Ситуация, когда $T_{эф} < T_d$, возникает в следующих случаях:

- 1) оборудование эксплуатировалось с более низкой интенсивностью, чем предусмотрено в технической документации;
- 2) оборудование выводилось из эксплуатации на некоторый промежуток времени;
- 3) оборудование имеет современный дизайн;
- 4) оборудование подвергалось капитальному ремонту или модернизации;
- 5) имеется недостаток аналогичного оборудования на рынке.

Ситуация, когда $T_{эф} = T_d$, возникает при эксплуатации машин и оборудования в точном соответствии с техническими условиями завода-изготовителя, а также в случаях, когда за время эксплуатации не произошло существенного совершенствования технологии в данной области (функциональный износ равен нулю) и отсутствуют внешние причины, изменяющие стоимость оборудования (внешний износ).

Ситуация, когда $T_{эф} > T_d$, возникает в следующих случаях:

- 1) оборудование эксплуатировалось с нарушением технических условий;
- 2) не соблюдалась периодичность технического обслуживания (ремонта);
- 3) совершенствовались технологии в данной отрасли;
- 4) увеличивались предложения на данном сегменте рынка.

При определении эффективного возраста необходимо четко разделять причины, вызывающие его изменение, так как они связаны с различными видами износа (физическим, функциональным или внешним).

Если при оценке оборудования в некоторый момент времени оценщик наблюдает ситуацию, когда $T_{эф} = T_d$, то при оценке в следующий момент времени состояние оборудования может соответствовать этому же или другому варианту. Качественный ремонт оборудования за время между двумя оценками в состоянии даже снизить эффективный возраст при хронологическом увеличении действительного. Наоборот, несоблюдение комплекса операций по техническому обслуживанию и ремонту, нарушение периодичности технического обслуживания и ремонта приведут к тому, что за время между оценками эффективный возраст станет расти быстрее действительного.

Пример 2.1. Нормативный срок службы кузнечного пресса $T_n = 15$ лет. На основании проведенной экспертизы установлено, что остаточный срок службы $T_{ост} = 3$ года. Определить коэффициент физического износа.

Решение.

1. Рассчитываем эффективный возраст $T_{эф}$ в годах по формуле (2.1):

$$T_{эф} = 15 - 3 = 12.$$

2. Находим коэффициент физического износа по формуле (2.2):

$$K_{физ} = 12/15 = 0,8.$$

Пример 2.2. Нормативный срок службы металлорежущего станка $T_n = 20$ лет. Станок был введен в эксплуатацию в декабре 1996 года. В результате неполной загрузки эффективный возраст станка оказался меньше действительного на 30%. Дата оценки – июнь 2000 года. Определить коэффициент физического износа станка.

Решение.

1. С декабря 1996 по июнь 2000 года прошло 42 месяца, следовательно, $T_d = 3,5$ года.
2. Определяем коэффициент загрузки станка:

$$K_{зар} = (100 - 30)/100 = 0,7.$$

3. Определяем эффективный возраст станка $T_{эф}$ в годах, принимая действительный возраст за 100%:

$$T_{эф} = K_{зар} T_d; \quad T_{эф} = 0,7 \cdot 3,5 = 2,45.$$

4. По формуле (2.2) определяем коэффициент физического износа станка:

$$K_{физ} = 2,45/20 = 0,12.$$

Пример 2.3. По истечении трех лет эксплуатации гидравлический пресс подвергся капитальному ремонту, в результате которого 20% его деталей и узлов были заменены на новые. Определить коэффициент физического износа пресса после капитального ремонта, если его нормативный срок службы равен 15 годам.

Решение.

1. Находим эффективный возраст пресса $T_{эф}$ в годах как средневзвешенный хронологический возраст его деталей и узлов. В результате проведенного капитального ремонта 20% деталей и узлов имеют действительный возраст $T_{д1} = 0$ лет, а 80% – $T_{д2} = 3$ года. Тогда эффективный возраст пресса

$$T_{эф} = T_{д1} \cdot 0,2 + T_{д2} \cdot 0,8;$$

$$T_{эф} = 0 \cdot 0,2 + 3 \cdot 0,8 = 2,4.$$

2. Определяем коэффициент физического износа пресса по формуле (2.2):

$$K_{физ} = 2,4/15 = 0,16.$$

2.3. Метод стадии ремонтного цикла

Метод стадии ремонтного цикла основан на предположении, что при эксплуатации машин и оборудования их потребительские свойства снижаются с увеличением физического износа. Для упрощения при расчетах учитывают только капитальные ремонты и принимают, что потребительские свойства (ПС) убывают линейно в течение времени между двумя капитальными ремонтами (рис. 2.1).

Обозначим коэффициент снижения потребительских свойств к концу ремонтного цикла через K_p ($K_p = 1 - ПС_1/ПС_0$). Тогда в конце ремонтного цикла (T_p) значение потребительских свойств $ПС_1$ будет равно

$$ПС_1 = ПС_0 - K_p \cdot ПС_0, \quad (2.3)$$

где $ПС_0$ – значение потребительских свойств в начале ремонтного цикла (в момент введения оборудования в эксплуатацию).

Интенсивность снижения потребительских свойств $J_{пс}$ за время ремонтного цикла T_p пропорциональна $\tan \alpha$ (см. рис. 2.1), следовательно,

$$J_{пс} = \tan \alpha = \frac{ПС_0 - ПС_1}{T_p},$$

с учетом (2.3) получим:

$$J_{пс} = K_p \cdot ПС_0 / T_p. \quad (2.4)$$

Капитальный ремонт повышает потребительские свойства машин и оборудования на некоторую величину $\Delta ПС$ (см. рис. 2.1):

$$PC_p = PC_1 + \Delta PC; \quad PC_p = PC_0 - K_p \cdot PC_0 + \Delta PC, \quad (2.5)$$

где PC_p – потребительские свойства после капитального ремонта.

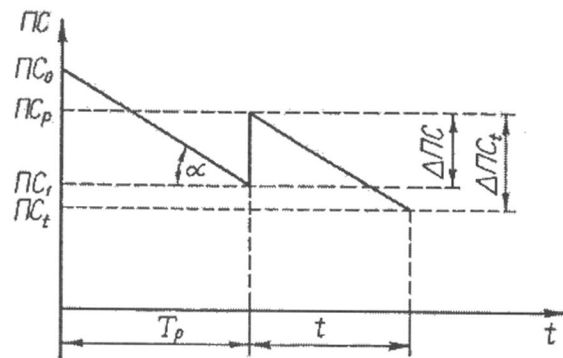


Рис. 2.1. Изменение потребительских свойств в процессе эксплуатации машин и технологического оборудования

Выразим повышение потребительских свойств ΔPC вследствие проведенного капитального ремонта в долях от потребительских свойств на начало ремонтного цикла (на начало эксплуатации):

$$\Delta PC = K_n \cdot PC_0, \quad (2.6)$$

где K_n – коэффициент повышения потребительских свойств вследствие проведенного капитального ремонта.

С учетом (2.6) приведем выражение (2.5) к виду

$$PC_p = PC_0(1 - K_p + K_n). \quad (2.7)$$

За время t после капитального ремонта потребительские свойства снизятся на величину

$$\Delta PC_t = J_{nc} t. \quad (2.8)$$

Тогда потребительские свойства на момент оценки PC_t определим по формуле

$$PC_t = PC_p - \Delta PC_t,$$

или, с учетом (2.8),

$$PC_t = PC_p - J_{nc} t. \quad (2.9)$$

Коэффициент физического износа определим по формуле

$$K_{физ} = (PC_0 - PC_t) / PC_0. \quad (2.10)$$

С учетом формул (2.4), (2.7) и (2.9) приведем выражение (2.10) к виду

$$K_{физ} = K_p(1 + t/T_p) - K_n. \quad (2.11)$$

Пример 2.4. Универсальный металлорежущий станок средних размеров прошел один капитальный ремонт. После капитального ремонта станок отработал 20 месяцев ($M = 20$ мес.). Для данного типа оборудования коэффициент сменности $K_{см} = 1,5$; коэффициент внутрисменного использования $K_{вн} = 0,6$; длительность ремонтного цикла $T_p = 16800$ ч. Среднее число рабочих дней в месяце $D = 22$ дня, продолжительность смены $T_c = 8$ ч. Определить коэффициент физического износа.

Решение.

1. Исходя из опыта эксплуатации аналогичного оборудования принимаем, что к концу ремонтного цикла T_p (см. рис. 2.1) потребительские свойства оцениваемого станка снижаются примерно в два раза:

$$K_p = 1 - PC_1/PC_0 = 0,5.$$

Проведение капитального ремонта повышает потребительские свойства примерно на 20% ($K_n = 0,2$).

2. Определяем наработку t в часах после капитального ремонта по формуле

$$t = M \cdot D \cdot T_c \cdot K_{см} \cdot K_{вн};$$

$$t = 20 \cdot 22 \cdot 8 \cdot 1,5 \cdot 0,6 = 3168.$$

3. Рассчитываем коэффициент физического износа по формуле (2.11):

$$K_{физ} = 0,5 \cdot (1 + 3168/16800) - 0,2 = 0,39.$$

Если число капитальных ремонтов $i > 1$, то после проведения i -го капитального ремонта потребительские свойства оцениваемого оборудования на момент оценки будут в соответствии с выражением

$$PC_t = PC_0 \left\{ 1 + i \left[K_n - K_p \left(1 + \frac{t}{T_p} \right) \right] \right\}.$$

Коэффициент физического износа для данного случая определяется по формуле

$$K_{физ} = i \left[K_p \left(1 + \frac{t}{T_p} \right) - K_n \right].$$

2.4. Метод снижения доходности

Метод снижения доходности основан на допущении о том, что с увеличением физического износа пропорционально снижается доходность оборудования, т.е. сокращается прибыль, определяемая как разность между выручкой и издержками производства по годам эксплуатации. Коэффициент физического износа определяется по формуле

$$K_{физ} = (\Pi_0 - \Pi_t) / \Pi_0, \quad (2.12)$$

где Π_0 – прибыль, полученная при эксплуатации новых машин и оборудования, прошедших период приработки; Π_t – прибыль, полученная в текущем интервале времени.

Данный метод дает наиболее обобщенные выводы с экономической позиции, но он более трудосмок и требует большого объема исходной информации. На основе анализа статистических данных о данной группе оборудования необходимо выяснить:

- периодичность проведения текущих и капитальных ремонтов;
- интенсивность снижения производительности оборудования между капитальными ремонтами;
- частоту возникновения отказов и "цену" одного отказа;
- изменения с наработкой полезного фонда времени оборудования.

Для расчета выручки необходимо знать цену на продукцию в текущем интервале времени, производимую на данном оборудовании, а для расчета издержек – цены на потребляемую энергию, материалы или заготовки, смазочные материалы, инструменты, тарифы по зарплате, нормы затрат на ремонты, ставки накладных расходов и налогов и другие данные.

Пример 2.5. В табл. 2.1 приведены данные о выручке, эксплуатационных издержках и прибыли на протяжении 11 лет срока службы пресса, а также рассчитанные коэффициенты физического износа по годам.

Таблица 2.1. Показатели работы пресса за срок службы

Показатель	Годы										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Выручка B_i	997	1100	996	995	996	994	990	886	992	886	778
Издержки I_i	339	440	447	555	442	445	550	668	449	551	667
Прибыль ($P_i = B_i - I_i$)	558	660	449	440	554	449	440	118	443	335	111
Снижение прибыли $C_i = P_2 - P_i$	22	00	111	220	66	111	220	442	117	225	449
Коэффициент износа $K_{физ i} = (C_i/P_2) \cdot 100, \%$	33,3	00	118	333	110	118	333	770	228	441	882

Пояснения к табл. 2.1. В качестве базового года взят второй год эксплуатации пресса, прошедшего период приработки. Для данного года эксплуатации наблюдаются наиболее высокие показатели работ пресса, и он считается новым, т.е. коэффициент физического износа $K_{физ 2} = 0$. Относительно этого года определяются снижение доходности пресса C_i и коэффициенты физического износа ($K_{физ i}$).

В конце четвертого и восьмого годов эксплуатации пресс подвергся капитальному ремонту. Поэтому на пятом и девятом годах эксплуатации наблюдается рост показателей работы пресса.

2.5. Метод поэлементного расчета

Данный метод основан на определении коэффициентов физического износа для отдельных узлов машин и оборудования и суммировании полученных значений с учетом доли себестоимости узлов в себестоимости объекта оценки в целом:

$$K_{физ} = \sum_{i=1}^n a_i K_{физ i} \quad \text{при} \quad \sum_{i=1}^n a_i = 1, \quad (2.13)$$

где $K_{физ i}$ – коэффициент физического износа i -го узла объекта оценки; a_i – коэффициент, учитывающий долю себестоимости i -го узла в себестоимости всего объекта оценки; n – число узлов объекта оценки.

Коэффициент износа i -го узла определяется, например, методом эффективного возраста:

$$K_{физ i} = T_{эф i} / T_{н i}. \quad (2.14)$$

Коэффициент a_i равен отношению себестоимости i -го узла C_i к себестоимости объекта оценки в целом C :

$$a_i = C_i / C. \quad (2.15)$$

С учетом формул (2.14) и (2.15) перепишем формулу (2.13) в виде

$$K_{физ} = \sum_{i=1}^n \frac{T_{эф i}}{T_{н i}} \frac{C_i}{C}.$$

Пример 2.6. Определить коэффициент физического износа металлорежущего станка, имеющего нормативный срок службы $T_n = 20$ лет, действительный возраст $T_d = 5$ лет. Станок эксплуатировался в соответствии с техническими условиями предприятия-изготовителя. Значения нормативных сроков службы узлов станка приведены в табл. 2.2.

Решение.

Поскольку станок эксплуатировался в соответствии с техническими условиями завода-изготовителя, принимаем эффективный возраст узлов станка равным действительному возрасту ($T_{эф i} = T_d$).

Результаты расчета коэффициента износа станка сведены в табл. 2.2.

Таблица 2.2. Исходные данные и результаты расчета

Показатели	Узлы станка			
	Станина, корпусные детали	Коробки скоростей и подач	Шпиндельная группа	Электрооборудование
Эффективный возраст $T_{эф i}$, лет	5	5	5	5
Нормативный срок службы $T_{н i}$, лет	20	12	12	7
Коэффициент износа $K_{физ i} = T_{эф i} / T_{н i}$	0,25	0,42	0,42	0,71
Себестоимость C_i тыс. руб.	90	60	20	10
Коэффициент $a_i = C_i / \sum_{i=1}^n C_i, \quad n = 4$	0,5	0,33	0,11	0,06
Коэффициент износа узла с учетом доли его себестоимости в себестоимости станка $K_{физ i} \cdot a_i$	0,125	0,139	0,046	0,043
Коэффициент износа станка $K_{физ} = \sum_{i=1}^n K_{физ i} \cdot a_i, \quad n = 4$	0,353			

2.6. Учет устранимого и неустраимого износов при определении коэффициента физического износа

Для учета устранимого и неустраимого износа используется метод, объединяющий методы эффективного возраста и поэлементного расчета.

На практике элементы оборудования, имеющие *неустраимый физический износ*, делят на долгоживущие и короткоживущие.

У *долгоживущих элементов* оборудования остаточный срок службы $T_{ост}^{\lambda}$ совпадает с остаточным сроком службы объекта оценки в целом $T_{ост}$.

Короткоживущие элементы имеют остаточный срок службы $T_{ост}^{\kappa}$, меньший остаточного срока службы всего объекта оценки.

Коэффициент устранимого физического износа $K_{yi}^{\kappa(a)}$ i -го короткоживущего (долгоживущего) элемента равен

$$K_{yi}^{\kappa(a)} = C_{pi} / C_i^{\kappa(a)}, \quad (2.16)$$

где C_{pi} – затраты на проведение ремонта (устранение износа) короткоживущего (долгоживущего) элемента; $C_i^{\kappa(a)}$ – восстановительная стоимость или стоимость замещения короткоживущего (долгоживущего) элемента.

Коэффициент неустраимого физического износа $K_{ni}^{\kappa(a)}$ короткоживущего (долгоживущего) элемента определяется в соответствии с выражением

$$K_{ni}^{\kappa(a)} = (1 - K_{yi}^{\kappa(a)}) \frac{T_{эф}^{\kappa(a)}}{T_{нi}^{\kappa(a)}}, \quad (2.17)$$

где $T_{эф}^{\kappa(a)}$, $T_{нi}^{\kappa(a)}$ – соответственно эффективный и нормативные сроки службы i -го короткоживущего (долгоживущего) элемента.

Коэффициент износа i -го короткоживущего (долгоживущего) элемента $K_i^{\kappa(a)}$ с учетом доли его себестоимости в себестоимости объекта оценки в целом определяется выражением

$$K_i^{\kappa(a)} = (K_{yi}^{\kappa(a)} + K_{ni}^{\kappa(a)}) \frac{C_i^{\kappa(a)}}{C}, \quad (2.18)$$

где C – себестоимость объекта оценки в целом (восстановительная стоимость или стоимость замещения).

Коэффициент неустраимого износа $K_{н}^{\lambda}$ неучтенных ранее долгоживущих элементов определяется по формуле

$$K_{н}^{\lambda} = \frac{C - \sum_{i=1}^n C_i^{\kappa(a)}}{C} \frac{T_{эф}}{T_{н}}, \quad (2.19)$$

$C_{н} = C - \sum_{i=1}^n C_i^{\kappa(a)}$ – восстановительная стоимость или стоимость заме-

нения долгоживущих элементов; $T_{эф}$ – эффективный возраст долгоживущих элементов, равный эффективному возрасту объекта оценки в целом; $T_{н} =$ нормативный срок службы долгоживущих элементов, равный нормативному сроку службы объекта оценки в целом.

Коэффициент износа объекта оценки в целом определяется как сумма коэффициентов износа короткоживущих и долгоживущих элементов:

$$K_{физ} = K_{нi}^{\lambda} + \sum_{i=1}^n K_i^{\kappa(a)}, \quad (2.20)$$

где n – число короткоживущих (долгоживущих) элементов в объекте оценки по устранимому износу.

Пример 2.7. Определить коэффициент физического износа технологической линии, если ее восстановительная стоимость $C = 40\,000$ руб., нормативный срок службы $T_{н} = 32$ года, эффективный возраст $T_{эф} = 8$ лет. Линия не работает. Требуется ремонт ременной передачи, затраты на ремонт которой $C_{p1}^{\kappa} = 1500$ руб. Требуется замена части нагревательных элементов печи, стоимость ремонта печи $C_{p2}^{\kappa} = 4000$ руб.

Решение.

1. Находим стоимость устранимого износа:

$$C_y = C_{p1}^{\kappa} + C_{p2}^{\kappa}; \\ C_y = 1500 + 4000 = 5500 \text{ руб.}$$

2. Определяем коэффициент устранимого износа:

$$K_y = C_y / C; \\ K_y = 5500 / 40000 = 0,1375.$$

3. Рассчитываем коэффициент неустраимого износа $K_{н}$ по формуле (2.19):

$$K_{н} = \frac{40000 - 5500}{40000} \cdot \frac{8}{32} = 0,2156$$

или по формуле (2.17):

$$K_{н} = (1 - 0,1375) \cdot \frac{8}{32} = 0,2156.$$

4. Определяем суммарный коэффициент износа:

$$K_{физ} = K_y + K_{н}; \\ K_{физ} = 0,1375 + 0,2156 = 0,3531.$$

Пример 2.8. По данным примера 2.7 определить коэффициент износа технологической линии. Кроме того, известно, что линия проработала на момент оценки 3 года (действительный возраст $T_{д}$). Эффективный возраст долгоживущих элементов (по неустраимому износу) $T_{эф} = 8$ лет. Восстановительная стоимость ременной передачи $C_1^{\kappa} = 4000$ руб., нормативный срок службы $T_{н1} = 5$ лет, эффективный возраст $T_{эф1} = T_{д} = 3$ года. Восстановительная стоимость нагревательных элементов печи $C_2^{\kappa} = 12\,000$ руб., нормативный срок службы $T_{н2} = 10$ лет, эффективный возраст $T_{эф2} = T_{эф} = 8$ лет.

Решение.

1. Определяем коэффициенты устранимого физического износа K_{yi}^k короткоживущих элементов печи (ременной передачи, нагревательных элементов) по формуле (2.16):

$$K_{y1}^k = 1500/4000 = 0,375;$$

$$K_{y2}^k = 4000/12000 = 0,333.$$

2. Находим коэффициенты неустраняемого физического износа K_{ni}^k короткоживущих элементов по формуле (2.17):

$$K_{n1}^k = (1 - 0,375) \cdot 3/5 = 0,375;$$

$$K_{n2}^k = (1 - 0,333) \cdot 8/10 = 0,534.$$

3. Рассчитываем коэффициенты износа K_i^k короткоживущих элементов с учетом их себестоимости в себестоимости объекта оценки в целом по формуле (2.18):

$$K_1^k = (0,375 + 0,375) \cdot 4000/40000 = 0,075;$$

$$K_2^k = (0,333 + 0,534) \cdot 12000/40000 = 0,260.$$

4. Определяем коэффициент неустраняемого износа долгоживущих элементов по формуле (2.19):

$$K_n^k = \frac{40000 - (4000 + 12000)}{40000} \cdot \frac{8}{32} = 0,150.$$

5. Находим коэффициент износа объекта оценки в целом по формуле (2.20):

$$K_{\text{физ}} = 0,075 + 0,260 + 0,150 = 0,485.$$

Пример 2.9. Определить коэффициент физического износа сверлильного станка, если его восстановительная стоимость $C = 150\,000$ руб., нормативный срок службы $T_n = 20$ лет. На момент оценки станок проработал 10 лет в соответствии с техническими условиями эксплуатации завода-изготовителя ($T_{\text{эф}} = T_n$). Требуется замена ременной передачи, восстановительная стоимость которой $C^k = 5000$ руб., и ремонт шпиндельной группы, восстановительная стоимость которой $C^a = 30\,000$ руб., стоимость ремонта $C_p^a = 10\,000$ руб., нормативный срок службы $T_n^a = T_n = 20$ лет.

Решение.

1. Определяем коэффициент устранимого физического износа ременной передачи (короткоживущего элемента) по формуле (2.16):

$$K_y^k = 5000/5000 = 1.$$

2. Находим коэффициент неустраняемого физического износа ременной передачи по формуле (2.17):

$$K_n^k = (1 - 1) \cdot \frac{T_{\text{эф}}^k}{T_n^k} = 0.$$

3. Рассчитываем коэффициент износа ременной передачи с учетом ее себестоимости в себестоимости станка по формуле (2.18):

$$K^k = (1 + 0) \cdot \frac{5000}{150000} = 0,033.$$

4. Получаем коэффициент устранимого износа шпиндельной группы (долгоживущего элемента) по формуле (2.16):

$$K_{y1}^a = 10000/30000 = 0,333.$$

5. Определяем коэффициент неустраняемого износа шпиндельной группы по формуле (2.17):

$$K_{n1}^a = (1 - 0,333) \cdot \frac{10}{20} = 0,3335.$$

6. Находим коэффициент износа шпиндельной группы с учетом доли ее себестоимости в себестоимости станка по формуле (2.18):

$$K_1^a = (0,333 + 0,3335) \cdot \frac{30000}{150000} = 0,133.$$

7. Рассчитываем коэффициент неустраняемого физического износа остальных долгоживущих элементов станка по формуле (2.19):

$$K_{n2}^a = \frac{150000 - (5000 + 30000)}{150000} \cdot \frac{10}{20} = 0,383.$$

8. Определяем коэффициент износа станка по формуле (2.20):

$$K_{\text{физ}} = 0,033 + 0,133 + 0,383 = 0,549.$$

Пример 2.10. Определить рыночную стоимость холодильной витрины, если ее первоначальная стоимость с учетом НДС составляет 12 700 руб. Витрина эксплуатировалась в течение 4 лет и имела загрузженность 90%. Среднестатистический срок эксплуатации аналогичного оборудования составляет 10 лет.

Решение.

1. Определяем эффективный возраст витрины в годах по формуле

$$T_{\text{эф}} = T_n K_z,$$

где K_z – коэффициент загрузки. Тогда

$$T_{\text{эф}} = 4 \cdot 0,9 = 3,6.$$

2. Во время осмотра витрины были обнаружены следующие дефекты эксплуатации:

- физические дефекты компрессора;
- физические дефекты фильтроосушителя;
- повреждение защитных покрытий;
- ослабление крепления элементов.

На устранение дефектов эксплуатации требуется 2800 руб.

3. Определяем коэффициент устранимого износа по формуле (2.16):

$$K_y = 2800/12700 = 0,22.$$

4. Находим коэффициент неустраняемого износа по формуле (2.17):

$$K_n = (1 - 0,22) \cdot 3,6/10 = 0,28.$$

5. Определяем суммарный коэффициент износа по формуле (2.20):

$$K_{\text{физ}} = 0,22 + 0,28 = 0,5.$$

6. Рассчитываем рыночную стоимость витрины по формуле (1.13):

$$C_0 = 12700 \cdot (1 - 0,5) = 6350 \text{ руб.}$$

2.7. Метод снижения потребительских свойств

Данный метод отражает зависимость потребительских свойств машин и оборудования от износа. В отличие от метода стадии ремонтного цикла,

в рассматриваемом методе не учитывают проведенные ремонтные работы. Кроме того, при оценке физического износа учитывают конкретные потребительские свойства машин и оборудования, а не потребительские свойства в общем случае.

Видам потребительских свойств (показателям качества) машин и оборудования и методам их определения посвящены параграфы 3.3 – 3.5.

В процессе эксплуатации потребительские свойства машин и оборудования снижаются на некоторую величину, которая определяется по формуле

$$\Delta PC_i = \frac{PC_{ni} - PC_{fi}}{PC_{ni}} \quad \text{или} \quad \Delta PC_i = 1 - \frac{PC_{fi}}{PC_{ni}}, \quad (2.21)$$

где ΔPC_i – снижение i -го потребительского свойства; PC_{ni} – номинальное значение i -го потребительского свойства; PC_{fi} – фактическое значение i -го потребительского свойства.

Коэффициент физического износа с учетом весомости потребительских свойств определяется по формуле

$$K_{\text{физ}} = \sum_{i=1}^n \Delta PC_i a_i, \quad (2.22)$$

где a_i – коэффициент весомости i -го потребительского свойства; n – количество учитываемых потребительских свойств.

Коэффициенты весомости потребительских свойств машин и оборудования должны удовлетворять условию

$$\sum_{i=1}^n a_i = 1. \quad (2.23)$$

Коэффициент весомости i -го показателя качества a_i определяют экспертно в соответствии с формулой

$$a_i = \frac{\sum_{j=1}^n Q_{ij}}{\sum_{i=1, j=1}^{n, m} Q_{ij}}, \quad (2.24)$$

где n – количество экспертов; m – число оцениваемых показателей; Q_{ij} – коэффициент весомости i -го показателя j -го эксперта.

Формулой (2.22) для определения коэффициента физического износа машин и оборудования следует пользоваться при учете единичных показателей качества (см. параграф 3.3).

Если при определении коэффициента физического износа учитывают определяющие, интегральные или комплексные показатели качества, то расчеты следует вести по формуле

$$K_{\text{физ}} = 1 - PC_{\Sigma\text{ф}}/PC_{\Sigma\text{н}},$$

где $PC_{\Sigma\text{ф}}$, $PC_{\Sigma\text{н}}$ – соответственно, фактическое и номинальное значения определяющего, интегрального или комплексного показателя качества.

Пример 2.11. Определить коэффициент физического износа пресса, основными потребительскими свойствами которого являются производительность и надежность. Анализ работы пресса показал, что его фактическая производительность составляет $PC_{\text{ф1}} = 500$ деталей/ч, а номинальная $PC_{\text{н1}} = 600$ деталей/ч. Фактическая наработка на отказ (показатель надежности) $PC_{\text{ф2}} = 300$ ч, а номинальная $PC_{\text{н2}} = 500$ ч.

Решение.

1. По экспертной оценке с учетом условия (2.23) весомости производительности и надежности равны соответственно

$$a_1 = 0,6; \quad a_2 = 0,4.$$

2. Определяем снижение производительности ΔPC_1 и надежности (наработки на отказ) ΔPC_2 по формуле (2.21):

$$\Delta PC_1 = \frac{600 - 500}{600} = 0,167;$$

$$\Delta PC_2 = \frac{500 - 300}{500} = 0,40.$$

3. Находим коэффициент физического износа по формуле (2.22):

$$K_{\text{физ}} = 0,167 \cdot 0,6 + 0,40 \cdot 0,4 = 0,26.$$

Пример 2.12. Определить коэффициент физического износа токарно-револьверного станка модели 1К341, 1988 года выпуска, если при испытаниях станка на соответствие нормам точности (см. табл. 3.8) были получены значения, указанные в табл. 2.3.

Таблица 2.3. Показатели точности станка, мкм

Номер проверки	Показатель точности	Нормативное значение $P_{\text{н}}$	Фактическое значение $P_{\text{ф}}$
1	Прямолинейность продольного перемещения револьверного суппорта в вертикальной плоскости	20	35
2	Радиальное биение наружной центрирующей посадочной поверхности шпинделя	8	11
3	Торцевое биение опорной поверхности шпинделя	9	15
4	Осевое биение шпинделя	7	12
5	Перемещение под нагрузкой оправки, закрепленной на шпинделе, относительно револьверной головки	110	142

Примечание: $P_{\text{ф}}$ – значение i -го показателя точности на момент оценки (определяют испытаниями машин и оборудования на точность); $P_{\text{н}}$ – значение i -го показателя точности, полученного при заводских испытаниях (берут из руководства по эксплуатации).

Решение.

1. Для определения коэффициента весомости i -го показателя точности привлечено три эксперта, которые расположили показатели точности Q_{ij} в порядке убывания их значимости в следующем порядке:

$$\begin{aligned} \text{ранг:} & \quad 5 \quad 4 \quad 3 \quad 2 \quad 1 \\ \text{эксперт №1: } & Q_1 > Q_2 > Q_3 > Q_4 > Q_5; \\ \text{эксперт №2: } & Q_1 > Q_3 > Q_2 > Q_4 > Q_5; \\ \text{эксперт №3: } & Q_1 > Q_5 > Q_3 > Q_4 > Q_2. \end{aligned}$$

Место показателя в ряду называется его рангом. Численное значение ранга в ряду изменяется от 1 до m . В рассматриваемом примере $m = 5$.

2. Находим суммы рангов каждого показателя точности:

$$\Sigma Q_1 = 5 + 5 + 5 = 15;$$

$$\Sigma Q_2 = 4 + 3 + 1 = 8;$$

$$\Sigma Q_3 = 1 + 1 + 3 = 5;$$

$$\Sigma Q_4 = 2 + 2 + 2 = 6;$$

$$\Sigma Q_5 = 3 + 4 + 4 = 11.$$

На основании полученных сумм рангов имеем следующий обобщенный ранжированный ряд:

$$Q_1 > Q_5 > Q_2 > Q_4 > Q_3.$$

3. По формуле (2.24) определяем коэффициенты весомости показателей точности:

$$a_1 = \frac{15}{15+8+5+6+11} = 0,333; \quad a_2 = \frac{8}{45} = 0,178;$$

$$a_3 = \frac{5}{45} = 0,111; \quad a_4 = \frac{6}{45} = 0,133; \quad a_5 = \frac{11}{45} = 0,244;$$

$$\sum_{i=1}^m a_i = 0,333 + 0,178 + 0,111 + 0,133 + 0,244 = 1.$$

4. С учетом (2.21) определяем коэффициент физического износа станка по формуле (2.22):

$$K_{\text{физ}} = \frac{35-20}{20} \cdot 0,333 + \frac{11-8}{8} \cdot 0,178 + \\ + \frac{15-9}{9} \cdot 0,111 + \frac{12-7}{7} \cdot 0,133 + \frac{142-110}{110} \cdot 0,244 = 0,556.$$

2.8. Метод анализа динамики производительности

В данном методе в качестве показателя работоспособного технического состояния оборудования применяют его производительность.

Коэффициент износа рассчитывают на основе изменения производительности оборудования к моменту оценки по сравнению с максимальной производительностью, которую имело оборудование в момент его запуска в эксплуатацию, по формуле

$$K_{\text{физ}} = 1 - (Q/Q_{\text{max}})^a, \quad (2.25)$$

где Q_{max} , Q – производительность оборудования на момент начала эксплуатации и на момент оценки соответственно; a – показатель степени, отражающий силу влияния изменения производительности на стоимость произведенной продукции на оцениваемом оборудовании.

Для большинства видов машин и оборудования показатель степени $a = 0,6 \dots 0,7$.

Снижение производительности оборудования связано с увеличением простоев на техническое обслуживание и ремонт, ухудшением параметров эксплуатационных режимов и другими причинами, связанными с развитием физического износа.

Пример 2.13. Определить коэффициент физического износа токарно-винторезного станка на конец третьего года эксплуатации. В первый год эксплуатации станок имел следующие показатели: сменная выработка $Q_{c1} = 160$ деталей; номинальный фонд времени в месяц при двухсменной работе $t_{н1} = 44$ смены; фонд времени в месяц на наладочные работы и техническое обслуживание (ремонт) $t_{нр1} = 1$ смена.

На момент оценки станок обеспечивал следующие показатели: сменная выработка $Q_{c2} = 136$ деталей; в течение месяца на наладочные работы и техническое обслуживание (ремонт) тратится фонд времени $t_{нр2} = 3$ смены.

Решение.

1. Определяем действительный фонд времени в месяц $t_{д1}$ нового станка и станка на момент оценки:

$$t_{д1} = t_{н1} - t_{нр1}; \\ t_{д1} = 44 - 1 = 43; \quad t_{д2} = 44 - 3 = 41.$$

2. Рассчитываем месячную производительность станка $Q_{м1}$ в штуках деталей на момент его запуска в эксплуатацию и на момент оценки:

$$Q_{м1} = Q_{c1} / t_{д1};$$

$$Q_{м1} = 160 / 43 = 6680; \quad Q_{м2} = 136 / 41 = 5576.$$

3. Принимаем $a = 0,6$.

4. Определяем коэффициент физического износа станка по формуле (2.25):

$$K_{\text{физ}} = 1 - \left(\frac{5576}{6680} \right)^{0,6} = 0,118.$$

2.9. Метод экспертизы состояния

Данный метод предполагает привлечение экспертов для оценки технического состояния объекта и определение степени его физического износа. При этом оценщик может воспользоваться уже имеющейся практикой обследования технического состояния оборудования, которое периодически проводят ремонтные службы предприятий. Обычно такие инспекционные осмотры делают для того, чтобы выяснить, в каком виде ремонта нуждается оборудование. Опытные ремонтники вполне квалифицированно могут оценить и степень износа оборудования, если перед ним поставить такую задачу. Но субъективный характер такой оценки снижает ценность ее результатов.

Чтобы эксперты руководствовались едиными критериями оценки износа, составляют специальные оценочные шкалы (табл. 2.4).

Для повышения степени достоверности могут быть привлечены несколько экспертов. Результирующее значение коэффициента износа определяют по формуле

$$K_{\text{физ}} = \sum_{i=1}^n K_i a_i, \quad (2.26)$$

где K_i – оценка износа i -м экспертом; a_i – весомость мнения i -го эксперта; n – число экспертов.

Весомость мнений экспертов определяют из условия

$$\sum_{i=1}^n a_i = 1. \quad (2.27)$$

Объективность экспертных оценок можно повысить, если при определении технического состояния машин и оборудования использовать современные методы и специальную аппаратуру технической диагностики.

Таблица 2.4. Шкала экспертных оценок для определения коэффициента износа

Состояние оборудования	Характеристика физического состояния	Коэффициент износа, %
Новое	Новое, установленное и еще не эксплуатировавшееся оборудование в отличном состоянии	0–5
Очень хорошее	Практически новое оборудование, бывшее в недолгой эксплуатации и не требующее ремонта или замены каких-либо частей	6–15
Хорошее	Бывшее в эксплуатации оборудование, полностью отремонтированное или реконструированное, в отличном состоянии	16–35
Удовлетворительное	Бывшее в эксплуатации оборудование, требующее некоторого ремонта или замены отдельных мелких частей, таких, как подшипники, вкладыши и др.	36–60
Условно пригодное	Бывшее в эксплуатации оборудование в состоянии, пригодном для дальнейшей эксплуатации, но требующее значительного ремонта или замены главных частей, таких, как двигатель, и других ответственных узлов	61–80
Неудовлетворительное	Бывшее в эксплуатации оборудование, требующее капитального ремонта, такого, как замена рабочих органов основных агрегатов	81–90
Негодное к применению или лом	Оборудование, в отношении которого нет разумных перспектив на продажу, кроме как по стоимости основных материалов, которые можно из него извлечь	91–100

Пример 2.14. Пилорама находится в эксплуатации в течение 5 лет. По мнению двух экспертов, состояние пилорамы – хорошее, по мнению третьего эксперта – удовлетворительное. Определить коэффициент физического износа пилорамы, если весомость мнений экспертов одинаковая.

Решение.

1. Хорошему состоянию объекта, согласно табл. 2.4, соответствует коэффициент износа 16...35%. Среднее значение коэффициента износа в процентах равно:

$$K_{1,2} = (16 + 35)/2 = 25,5.$$

2. При удовлетворительном состоянии, согласно табл. 2.4, коэффициент износа находится в интервале значений 36...60%. Среднее значение коэффициента износа в процентах равно

$$K_3 = (36 + 60)/2 = 48.$$

3. Так как весомость мнений экспертов одинакова, то с учетом условия (2.27) имеем:

$$a_1 = a_2 = a_3 = 0,33.$$

4. Коэффициент износа в процентах определяем по формуле (2.26):

$$K_{\text{физ}} = 25,5 \cdot 0,33 + 25,5 \cdot 0,33 + 48 \cdot 0,33 = 32,67.$$

2.10. Метод корреляционного анализа

В основу данного метода положена взаимосвязь между ценой на поддержанное оборудование и величиной физического износа. Величина износа, в первую очередь, зависит от возраста оборудования, а также от его технического состояния. Авторами работы [8] было проведено исследование влияния возраста поддержанного металлообрабатывающего оборудования на величину износа. Они определяли износ как разность между ценой на новое и поддержанное оборудование одной и той же модели. Анализ проводился по состоянию на декабрь 1999 года. В результате корреляционного анализа установлено, что связь между коэффициентом физического износа и возрастом станка T наилучшим образом описывается с помощью степенной функции:

$$K_{\text{физ}} = aT^b, \quad (2.28)$$

где a , b – некоторые коэффициенты, зависящие от состояния рынка на поддержанное оборудование.

После обработки исходной информации установлено, что $a = 0,0932$; $b = 0,7075$. Тогда коэффициент физического износа будет определяться в соответствии с формулой

$$K_{\text{физ}} = 0,0932T^{0,7075}. \quad (2.29)$$

Выражение (2.29) учитывает только возраст станка, не учитывая его техническое состояние. Техническое состояние станка можно учесть через коэффициент a . Для этого прологарифмируем выражение (2.28):

$$\lg K_{\text{физ}} = \lg a + b \lg T.$$

Линия регрессии в данном случае будет представлять собой прямую. Пересечение этой линии с одной из осей координат (например, с осью ординат) даст значение $\lg a$, а угол наклона линии будет определяться коэффициентом $b = \text{const}$.

Для нахождения крайних значений $\lg a$ (а следовательно, и a) построено корреляционное поле зависимости износа станков от возраста в логарифмических координатах и параллельно линии регрессии проведены граничные линии корреляционного поля. Кроме того, проведены еще две промежуточные линии. Полученное семейство прямых соответствует различным техническим состояниям металлообрабатывающих станков.

Техническое состояние оборудования устанавливают экспертами в ходе технической экспертизы. Результаты экспертизы удобнее всего выра-

зить в баллах, руководствуясь шкалой экспертных оценок (табл. 2.5). Нижняя граничная линия соответствует 50 баллам, следующая за ней линия – 40 баллам и т.д. Это позволило авторам [8] найти корреляционную связь между параметром a и количеством баллов B :

$$a = -0,0034B + 0,2082. \quad (2.30)$$

Таблица 2.5. Балльная шкала уровней технического состояния

Уровень технического состояния	Характеристика технического состояния	Средний балл
Очень хорошее	Оборудование мало эксплуатировалось; соблюдался комплекс операций по техническому обслуживанию (ремонту); не требуется замены деталей и узлов	50
Хорошее	Оборудование эксплуатировалось при нагрузках значительно меньше номинальных (т.е. было слабо загружено), полностью отремонтировано с заменой части деталей и узлов (обновлено)	40
Среднее	Оборудование в удовлетворительном состоянии, требуется проведение небольшого ремонта с заменой незначительных деталей, эксплуатировалось при нагрузках, близких к номинальным	30
Посредственное	Оборудование в работоспособном техническом состоянии, но требуется проведение капитального ремонта с заменой некоторых основных частей	20
Плохое	Оборудование эксплуатировалось с нарушением комплекса операций по техническому обслуживанию (ремонту), требуется проведение капитального ремонта с заменой или обновлением основных рабочих агрегатов	10

С учетом выражения (2.30) формулу (2.29) для определения коэффициента физического износа приведем к виду

$$K_{\text{физ}} = (0,2082 - 0,0034B)T^{0,7075}. \quad (2.31)$$

Достоинством данного метода является то, что он учитывает реальную ситуацию на рынке данного типа оборудования, но при этом при изменении ситуации необходима корректировка коэффициентов a и b .

Формула (2.31) выведена для металлорежущего оборудования, но ею можно пользоваться для определения коэффициента физического износа другого технологического оборудования при условии правильной экспертной оценки его технического состояния.

Пример 2.15. По данным примера 2.1 определить коэффициент физического износа кузнечного пресса. Кроме того, известно, что кузнечный пресс на момент оценки проработал 12 лет, требуется проведение капитального ремонта.

Решение.

1. Согласно табл. 2.5 техническое состояние кузнечного пресса оценивается как посредственное (требуется проведение капитального ремонта). Данному техническому состоянию соответствует $B = 20$.

2. По формуле (2.31) определяем коэффициент физического износа кузнечного пресса:

$$K_{\text{физ}} = (0,2082 - 0,0034 \cdot 20) \cdot 12^{0,7075} = 0,813.$$

Пример 2.16. По данным примера 2.2 определить коэффициент физического износа металлорежущего станка.

Решение.

1. С декабря 1996 по июнь 2000 г. станок проработал 3,5 года.

2. Согласно проведенной экспертизе технического состояния станка установлено, что он мало эксплуатировался, соблюдался комплекс мероприятий по техническому обслуживанию (ремонту). Следовательно, согласно табл. 2.5 техническое состояние станка можно оценить как очень хорошее. Данному техническому состоянию соответствует $B = 50$.

3. По формуле (2.31) определяем коэффициент физического износа станка:

$$K_{\text{физ}} = (0,2082 - 0,0034 \cdot 50) \cdot 3,5^{0,7075} = 0,092.$$

Пример 2.17. По данным примера 2.3 определить коэффициент физического износа гидравлического пресса.

Решение.

1. Согласно табл. 2.5 техническое состояние гидравлического пресса можно оценить как хорошее (в результате проведенного капитального ремонта пресс обновлен, т.е. проведена замена изношенных деталей и узлов). Данному техническому состоянию соответствует $B = 40$.

2. По формуле (2.31) определяем коэффициент физического износа:

$$K_{\text{физ}} = (0,2082 - 0,0034 \cdot 40) \cdot 3^{0,7075} = 0,157.$$

2.11. Прямой метод

При прямом методе коэффициент физического износа машин и оборудования рассчитывают исходя из нормативных затрат на их полное восстановление до нового состояния:

$$K_{\text{физ}} = 3/C_n,$$

где 3 – сумма нормативных затрат на восстановление объекта оценки до нового состояния, руб.; C_n – стоимость новых машин и оборудования, руб.

Коэффициент физического износа, определенный данным методом, является несколько заниженным, так как полностью восстановить объект до нового состояния не представляется возможным из-за наличия неустратимого износа.

2.12. Бухгалтерские методы определения износа

Реальный физический износ следует отличать от бухгалтерского. Задачей бухгалтерского учета и отчетности является не определение реального физического износа объекта учета, а отслеживание переноса его стоимости на стоимость производимой с его помощью продукции (работ). Стоимость объектов основных средств погашается посредством начисления амортизации.

Амортизация – это постепенное возмещение стоимости основных средств.

Стоимость основных средств погашается путем начисления амортизации в течение всего срока их полезного использования. Независимо от применяемого способа начисления амортизации производится ежемесячно в течение отчетного года в размере $1/12$ начисленной годовой суммы.

Срок полезного использования (нормативный срок службы) – это период, в течение которого использование объекта основных средств призвано приносить доход организации (предприятию) или служить для выполнения целей деятельности организации.

Срок полезного использования объекта основных средств при его отсутствии в технических условиях, а также объекта, ранее использованного в другой организации, определяется организацией при принятии объекта к бухгалтерскому учету исходя из следующих факторов:

- ожидаемого срока использования объекта в соответствии с ожидаемой производительностью или мощностью;
- ожидаемого физического износа, зависящего от режима эксплуатации (количества смен), естественных условий и влияния агрессивной среды, системы проведения ремонта;
- нормативно-правовых и других ограничений использования объекта (например, срока аренды).

В случаях улучшения первоначально принятых показателей качества объекта основных средств в результате проведенной реконструкции или модернизации организация пересматривает срок полезного использования данного объекта.

Начисление амортизации объектов основных средств осуществляется в соответствии с ПБУ 6/01, утвержденным приказом Министерства финансов РФ № 26н от 30 марта 2001 года, одним из следующих способов:

- линейным;
- уменьшаемого остатка;
- списания стоимости по сумме чисел лет срока полезного использования;

- списания стоимости пропорционально объему продукции (работ).

Организации получили право выбора способа начисления амортизации объектов основных средств в зависимости от финансово-экономического состояния. Порядок начисления амортизации, применения того или иного способа ее начисления регулирует "Положение о порядке начисления амортизационных отчислений по основным фондам в народном хозяйстве" № ВГ-21-Д/144/17-24/4-73 (№ ВГ-9-Д), утвержденное 29 декабря 1990 года.

Линейный способ

Годовая сумма амортизационных отчислений при линейном способе определяется исходя из первоначальной или текущей (восстановительной), в случае проведения переоценки, стоимости и нормы амортизации, исчисленной исходя из срока полезного использования данного объекта.

Линейный способ начисления амортизации применяется для объектов основных средств, у которых главным фактором, ограничивающим срок полезного использования, является время использования и относительно постоянный объем выполняемых периодических работ. К данным объектам относятся машины и механизмы, станки и оборудование хлебопекарной, пищевой и легкой промышленности, промышленности строительных материалов и многих отраслей тяжелой промышленности.

Линейный способ заключается в том, что ежемесячные амортизационные отчисления являются одинаковыми в течение всего срока полезного использования (нормативного срока службы T_n). В данном случае износ машин и оборудования рассматривается как доля хронологического возраста оборудования T_d (действительного срока службы) в установленном сроке полезного использования, т.е. **коэффициент физического износа** определяется по формуле

$$K_{\text{физ}} = T_d / T_n. \quad (2.32)$$

Срок полезного использования оборудования может быть определен по нормам амортизационных отчислений а в процентах для данной группы оборудования по формуле

$$T_n = 100/a. \quad (2.33)$$

Подставляя (2.33) в (2.32), получим другую формулу для определения коэффициента физического износа:

$$K_{\text{физ}} = T_d \cdot a / 100. \quad (2.34)$$

Единые нормы амортизационных отчислений на полное восстановление основных фондов утверждены Постановлением Совмина СССР от 22 октября 1990 года № 1072.

Пример 2.18. Определить коэффициент физического износа роботизированного технологического комплекса, если известно, что он эксплуатировался 4,5 года, норма амортизационных отчислений равна 8,3%.

Решение.

1. Определяем нормативный срок службы в годах роботизированного технологического комплекса по формуле (2.33):

$$T_n = 100/8,3 = 12,05.$$

2. Находим коэффициент физического износа по формуле (2.32):

$$K_{\text{физ}} = 4,5/12,05 = 0,37$$

или по формуле (2.34)

$$K_{\text{физ}} = 4,5 \cdot 8,3/100 = 0,37.$$

Способ уменьшаемого остатка

При способе уменьшаемого остатка годовую сумму амортизационных отчислений определяют исходя из остаточной стоимости объекта основных средств на начало отчетного года и нормы амортизации, исчисленной исходя из срока полезного использования этого объекта и коэффициента ускорения, установленного в соответствии с законодательством Российской Федерации.

Коэффициент ускорения применяется по перечню высокотехнологических отраслей и эффективных видов машин и оборудования и устанавливается федеральными органами исполнительной власти. Обычно коэффициент ускорения выбирают на уровне 2,0.

При использовании способа уменьшаемого остатка коэффициент физического износа машин и оборудования определяется по формуле

$$K_{\text{физ}} = 1 - (1 - a/100 \cdot K_y)^{T_n}, \quad (2.35)$$

где K_y – коэффициент ускорения.

Пример 2.19. Определить коэффициент износа технологического оборудования со сроком полезного использования 5 лет, если оно находится в эксплуатации 4 года. Коэффициент ускорения принять равным 2,0.

Решение.

1. Определяем норму амортизационных отчислений в процентах:

$$a = 100/T_n; a = 100/5 = 20\%.$$

2. Находим коэффициент износа по формуле (2.35):

$$K_{\text{физ}} = 1 - (1 - 20/100 \cdot 2)^4 = 0,87.$$

3. При использовании линейного метода коэффициент износа

$$K_{\text{физ}} = 4 \cdot 20/100 = 0,80.$$

Если оборудование находилось в эксплуатации не целое число лет, то коэффициент износа будет определяться в соответствии с выражением

$$K_{\text{физ}} = 1 - \left(1 - \frac{a}{100} \cdot K_y\right)^{T_n} \cdot \left(1 - \frac{a}{100 \cdot 12} \cdot K_y\right)^M, \quad (2.36)$$

где T_n – число лет эксплуатации (действительный возраст) оборудования; M – число месяцев эксплуатации.

Пример 2.20. Определить коэффициент износа технологического оборудования на 31 января 2001 года со сроком полезного использования 10 лет, если оно введено в эксплуатацию 1 ноября 1996 года. Коэффициент ускорения принять равным 2,0.

Решение.

1. Рассчитываем норму амортизационных отчислений в процентах:

$$a = 100/10 = 10\%.$$

2. Оборудование находилось в эксплуатации 4 года и 3 месяца.

3. Находим коэффициент износа по формуле (2.36):

$$K_{\text{физ}} = 1 - \left(1 - \frac{10}{100} \cdot 2\right)^4 \cdot \left(1 - \frac{10}{100 \cdot 12} \cdot 2\right)^3 = 0,611.$$

4. При определении коэффициента износа можно воспользоваться также формулой (2.35), но результат в данном случае будет менее точным. В рассматриваемом примере оборудование находилось в эксплуатации 4,25 года, следовательно, коэффициент износа

$$K_{\text{физ}} = 1 - \left(1 - \frac{10}{100} \cdot 2\right)^{4,25} = 0,613.$$

Способ списания стоимости по сумме чисел лет срока полезного использования

При способе списания стоимости по сумме чисел лет срока полезного использования годовую сумму амортизационных отчислений определяют исходя из первоначальной или текущей (восстановительной в случае проведения переоценки) стоимости объекта основных средств и соотношения, в числителе которого – число лет, остающихся до конца срока полезного использования, а в знаменателе – число лет срока полезного использования.

Данный способ относится к ускоренным способам списания стоимости объектов основных средств, т.е. в начале эксплуатации объектов амортизационные отчисления выше, чем в конце. Этот способ используют для объектов основных средств, у которых:

- стоимость их услуг (работ) уменьшается с увеличением времени эксплуатации;
- быстро наступает моральный износ;
- с увеличением времени эксплуатации интенсивно возрастают расходы на ремонт.

К таким объектам основных средств относятся:

- вычислительная техника;
- средства связи;

– машины и оборудование малых и недавно созданных предприятий, у которых значительная нагрузка на основные фонды приходится в первые годы эксплуатации.

С экономической точки зрения данный способ является более целесообразным, так как он устанавливает более интенсивное начисление амортизации в самом начале эксплуатации объектов основных средств, когда они обладают наибольшей производительностью. Это способ списания стоимости заключается в том, что амортизационные отчисления за год определяют пропорционально убывающему количеству лет эксплуатации машин и оборудования, т.е. остаточному сроку службы.

При способе списания стоимости объектов основных средств по сумме чисел лет срока полезного использования **коэффициент износа** определяют по формуле

$$K_{\text{физ}} = \frac{\sum_{j=0}^{T_n-1} (T_n - j)}{\sum_{i=1}^{T_n} t_i}, \quad (2.37)$$

где t_i – число лет, остающихся до конца срока полезного использования (остаточный срок службы); T_n – срок полезного использования (нормативный срок службы); $i = (j + 1)$ – год эксплуатации.

Коэффициент износа можно также определить по формуле

$$K_{\text{физ}} = \frac{2}{T_n} \sum_{i=1}^{T_n} \left(1 - \frac{i}{T_n + 1} \right).$$

Пример 2.21. Приобретен объект основных средств со сроком полезного использования 5 лет. Требуется определить коэффициент износа после одного, двух, трех и четырех лет эксплуатации.

Решение.

1. Находим сумму чисел лет срока полезного использования

$$\sum_{i=1}^5 = 1 + 2 + 3 + 4 + 5 = 15.$$

2. По формуле (2.37) определяем коэффициент износа после 1-го года эксплуатации:

$$K_1 = \frac{5-0}{15} = 0,33.$$

3. Рассчитываем коэффициент износа после 2-го года эксплуатации:

$$K_2 = \frac{(5-0) + (5-1)}{15} = 0,6.$$

4. Определяем коэффициент износа после 3-го года эксплуатации:

$$K_3 = \frac{(5-0) + (5-1) + (5-2)}{15} = 0,8.$$

5. Находим коэффициент износа после 4-го года эксплуатации:

$$K_4 = \frac{(5-0) + (5-1) + (5-2) + (5-3)}{15} = 0,93.$$

Способ списания стоимости пропорционально объему продукции (работ)

При способе списания стоимости пропорционально объему продукции (работ) начисление амортизационных отчислений производится исходя из натурального показателя объема продукции (работ) в отчетном периоде и соотношения первоначальной стоимости объекта основных средств и предполагаемого объема продукции (работ) за весь срок полезного использования объекта основных средств.

Способ списания стоимости пропорционально объему продукции (работ) применяется для объектов основных средств, у которых определяющим фактором износа является периодичность их использования. К данным объектам относятся:

- автомобили, износ которых зависит от пробега;
- самолеты, износ которых зависит от количества часов полета и взлетов (посадок);
- оборудование горнодобывающей промышленности, износ которого зависит от объема добытой породы, и другое аналогичное оборудование.

Коэффициент износа в данном случае будет определяться в соответствии с формулой

$$K_{\text{физ}} = \frac{1}{V} \sum_{i=1}^{T_n} V_i, \quad (2.38)$$

где V – предполагаемый объем продукции (работ) за весь срок полезного использования; V_i – объем продукции (работ) в отчетном периоде.

Пример 2.22. Приобретен грузовой автомобиль с предполагаемым пробегом до 300 тыс. км. В 1-й отчетный период пробег составил 20 тыс. км, во 2-й период – 30 тыс. км, в 3-й – 25 тыс. км. Определить коэффициент износа автомобиля.

Решение.

Коэффициент износа автомобиля найдем по формуле (2.38):

$$K_{\text{физ}} = (20 + 30 + 25)/300 = 0,25.$$

Бухгалтерские методы начисления износа носят формальный характер и не дают представления о реальной степени износа оцениваемых машин и оборудования. Особенно это касается ускоренных способов начисления амортизации объектов основных средств.

Основное достоинство бухгалтерских методов начисления износа заключается в простоте расчета, а также в том, что результат расчета является документально подтвержденным. Это в ряде случаев оказывается немаловажным.

3. ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ

3.1. Общие сведения

Как уже отмечалось в параграфе 1.2, для определения степени износа с целью оценки остаточной стоимости и с учетом общей цели оценки необходимо установить реальное физическое (техническое) состояние машин и оборудования.

Машины и оборудование – это устройства, преобразующие энергию, материалы и информацию.

В зависимости от основного (пресобладающего) назначения машины и оборудования делятся:

- на энергетические (силовые);
- на рабочие;
- на информационные.

Энергетическое оборудование (силовые машины и оборудование) – это генераторы, производящие тепловую и электрическую энергию, и двигатели, превращающие энергию любого вида (энергию воды, ветра, тепловую, электрическую и т.д.) в механическую.

Рабочие машины и оборудование – это машины, инструменты, аппараты и прочие виды оборудования, предназначенные для механического, термического и химического воздействия на предмет труда (обрабатываемый предмет), который может находиться в твердом, жидком или газообразном состоянии, с целью изменения его формы, свойств, состояния или положения.

К рабочим машинам и оборудованию относят все виды технологического оборудования, в том числе автоматические машины и оборудование, за исключением энергетического и информационного:

- для производства промышленной продукции;
- сельскохозяйственное;
- транспортное;
- строительное;
- торговое;
- складское;
- водоснабжения и канализации;
- санитарно-гигиеническое;
- другие виды машин и оборудования.

Информационное оборудование – это оборудование, предназначенное для преобразования, передачи и хранения информации.

К информационному оборудованию относят:

- оборудование систем связи (телефонной, телеграфной, факсимильной и телекодовой), кабельного радио- и телесвязи;

- средства измерения и управления (измерительные приборы для анализа, обработки и представления информации; устройства для регулирования производственных и непроизводственных процессов; аппаратура блокировки; линейные устройства диспетчерского контроля; оборудование и устройства сигнализации; центральные и трансляционные пункты диспетчерского контроля; наземные радионавигационные средства вождения самолетов; локационные установки; светотехническое оборудование взлетно-посадочных полос);

- средства вычислительной техники (аналоговые и аналого-цифровые машины для автоматической обработки данных; вычислительные электронные, электромеханические и механические комплексы и машины; устройства, предназначенные для автоматизации процессов хранения, поиска и обработки данных, связанных с решением различных задач);

- средства оргтехники (копировальная техника, офисные АТС, пишущие машины, калькуляторы и др.);

- средства визуального и акустического отображения информации;

- средства хранения информации;

- театрально-сценическое оборудование.

При проведении оценки необходимы следующие сведения о машинах и оборудовании:

- идентификационные характеристики (название, модель, серийный номер);

- назначение;

- выполняемые функции;

- происхождение, название и адрес предприятия-изготовителя;

- технические характеристики (скорость, мощность, производительность, точность и т.д.), позволяющие определить потребительские свойства машины или оборудования;

- эксплуатационные характеристики (расход энергии, занимаемая площадь, требуемое количество обслуживающего персонала, ремонтпригодность, показатели ремонтного цикла, показатели цикла технического обслуживания и ремонта и т.д.), позволяющие определить затраты на эксплуатацию машины или оборудования;

- хронологические данные (год изготовления, год ввода в эксплуатацию, фактическая наработка);

- тип и характеристика системы управления (для автоматизированного оборудования);

- комплектация (приспособления, инструменты, управляющие программы, принадлежности и т.д.);

- экономические данные (цена приобретения, затраты на установку и пуск в эксплуатацию, фактическая и номинальная мощность, эксплуатационные расходы, амортизация).

Получить информацию о машинах и оборудовании можно на предприятии (техническая документация на машину и оборудование, данные отдела главного механика, бухгалтерская документация, данные службы маркетинга) или из литературных источников (прайс-листы, проспекты, каталоги и производственные программы предприятия изготовителя, классификаторы основных фондов и промышленной продукции, номенклатурные каталоги и справочники, типовые системы технического обслуживания и ремонта, отраслевые прейскуранты и справочники цен).

Для определения фактического технического состояния оценщик может привлекать специалистов, профессионально подготовленных в области определения износа машин и оборудования.

3.2. Классификация машин и оборудования

В структуре машинного парка предприятий все единицы оборудования систематизируются и классифицируются с использованием различных классификаторов. Классификация объектов оценки нужна для упорядочения собираемой ценовой и технической информации, а также для быстрого поиска нужных сведений об аналогичных объектах в имеющихся массивах информации.

К классификаторам многоцелевого применения относятся:

- Общероссийский классификатор основных фондов ОК 013-94;
- Общероссийский классификатор продукции ОК 005-93;
- Типовой классификатор основных фондов для установления единых норм амортизационных отчислений;
- классификатор "Товарная номенклатура для внешнеэкономической деятельности" (ТН ВЭД).

Кроме того, имеются частные, отраслевые каталожные и другие классификаторы, применяемые в различных номенклатурных каталогах, каталогах-справочниках и каталогах-прейскурантах на отдельные виды машин и оборудования.

Перечисленные выше классификаторы построены по иерархическому методу классификации, предусматривающему последовательное подразделение множества объектов на подчиненные друг другу классификационные группировки: классы, подклассы, группы, подгруппы и т.д. При этом применяется последовательная десятичная система кодирования, когда для каждого признака (группировки) выделено определенное количество десятичных знаков.

Общероссийский классификатор основных фондов (ОКОФ) ОК 013-94, утвержденный постановлением Госстандарта Российской Федерации №359 от 26.12.94 г., предназначен в первую очередь для целей статистического учета основных фондов. Для оценщиков он полезен тогда, когда ведется оценка при переоценке фондов или при фронтальной оценке всего имуще-

ства предприятия и нужна ориентация как в структуре основных фондов, так и в структуре самих видов объектов.

Группировки объектов в ОКОФ образованы в основном по признакам назначения, связанным с видами деятельности, осуществляемыми с использованием этих объектов, и производимыми в результате этой деятельности продукцией и услугами.

Общая структура девятизначных кодов для образования группировок объектов в ОКОФ представлена в виде следующей схемы:

ХО 0000000 – раздел основных фондов (1 – материальные, 2 – нематериальные);

ХХ 0000000 – подраздел основных фондов, учитывающий их значимость для экономики в целом и сложившиеся традиции (11 – здания, 12 – сооружения, 13 – жилища, 14 – машины и оборудование, 15 – средства транспорта и т.д.);

ХХ ХХХХ000 – класс;

ХХ ХХХХ0ХХ – подкласс;

ХХ ХХХХХХХ – вид.

Деление на классы, подклассы и виды в ОКОФ совпадает с классификацией согласно Общероссийскому классификатору видов экономической деятельности, продукции и услуг (ОКДП).

Общероссийский классификатор продукции (ОКП) ОК 005-93 используется при решении задач каталогизации продукции, включая разработку каталогов и систематизацию в них продукции по важнейшим технико-экономическим признакам. Это назначение классификатора представляет интерес для оценочной деятельности, в частности, для построения каталогов-прейскурантов и баз данных, содержащих ценовую информацию.

ОКП – наиболее подробный классификатор, включающий виды продукции. Структура шестизначных кодов выглядит следующим образом:

ХХ 0000 – классы продукции;

ХХ Х000 – подклассы;

ХХ ХХ00 – группы;

ХХ ХХХ0 – подгруппы;

ХХ ХХХХ – виды.

Использование кодов ОКП помогает быстро найти нужную информацию, что весьма важно при переоценке. По мере создания баз данных по отдельным видам машин и оборудования все большее значение приобретает задача их интеграции на основе единого классификатора объектов оценки, в качестве которого целесообразно использовать ОКП.

"Типовой классификатор основных фондов", утвержденный Госкомстатом РФ, используется для установления единых норм амортизационных отчислений на полное восстановление, а также для установления индексирующих коэффициентов при переоценке основных фондов. Классификатор построен по методу десятичного многопризначного кода, содержащего 4 классификационные группировки: вид, класс, группу и подгруппу. Первая

цифра обозначает вид основных фондов (например, 3 – передаточные устройства, 4 – машины и оборудование, 5 – транспортные средства, 6 – инструмент, 7 – производственный и хозяйственный инвентарь и принадлежности). Вторая цифра обозначает класс внутри вида (например, для машин и оборудования имеем: 40 – силовые машины и оборудование, 41–46 – рабочие машины и оборудование, 49 – прочие машины и оборудование).

Третья цифра слева обозначает группу внутри класса (например, 410 – металлорежущее оборудование, 411 – машины и оборудование для литейного производства, 412 – кузнечно-прессовое оборудование, 415 – насосы и т.д.). Четвертая и пятая цифры обозначают подгруппу внутри группы (например, 41000 – металлообрабатывающее оборудование массой до 10 т отраслей машиностроения и металлообработки, 41001 – станки металлорежущие с ЧПУ, 41002 – гибкие производственные модули, роботизированные технологические комплексы). Подгруппы в данном классификаторе образованы по принципу единства нормы амортизации. К данному Типовому классификатору обращаются тогда, когда нужно найти значение нормы амортизации или нормативного срока службы (например, для определения коэффициента износа при расчете остаточной стоимости).

Классификатор "Товарная номенклатура для внешнеэкономической деятельности" представляет интерес в первую очередь для оценщиков, которым приходится оценивать таможенную стоимость. С развитием экспортно-импортных операций, в том числе и связанных с оборудованием, этот классификатор получает все большее применение.

Отраслевые классификаторы машин и оборудования приводятся обычно в каталогах и справочниках. Для отдельных видов машин и оборудования эти классификаторы дают наиболее подробное подразделение объектов по классификационным группам и наиболее полно учитывают отраслевую специфику. Несомненным достоинством отраслевых классификаторов является то, что они не только систематизируют объекты по отдельным признакам, но и устанавливают порядок обозначения отдельных видов оборудования. В качестве примера ниже приведена классификация и система обозначений металлорежущих станков, разработанная в ЭНИМС. К сожалению, некоторые производители в последнее время стали отступать от ранее утвержденной системы обозначений.

Металлорежущий станок – машина, предназначенная для придания обрабатываемой заготовке требуемой формы с заданной степенью точности путем снятия стружки.

Металлорежущие станки классифицируют по следующим признакам:

1) По степени универсальности:

- а) широкоуниверсальные;
- б) универсальные – станки, предназначенные для выполнения различных операций на заготовках, разнообразных по форме и размерам (станки общего назначения);

в) специализированные – станки, предназначенные для обработки однотипных деталей;

г) специальные – станки, предназначенные для обработки одного вида деталей.

2) По технологическому назначению и используемому режущему инструменту:

- а) токарные;
- б) строгальные;
- в) сверлильные;
- г) фрезерные;
- д) протяжные;
- е) шлифовальные и др.

3) По конструктивным особенностям станка (расположению главных рабочих органов):

- а) горизонтально-фрезерные;
- б) вертикально-фрезерные и др.

4) По степени автоматизации:

- а) с ручным управлением;
- б) полуавтоматические;
- в) автоматические.

5) По степени точности:

- Н – нормальной;
- П – повышенной;
- В – высокой;
- А – особо высокой;
- С – особо точной.

6) По массе:

- а) легкие – массой до 1 т;
- б) средние – массой до 10 т;
- в) тяжелые – массой свыше 10 т.

Металлорежущие станки в зависимости от вида обработки делят на девять групп (табл. 3.1), каждую группу – на десять типов, характеризующих назначение станков, их компоновку, степень автоматизации и вид применяемого инструмента.

Группа 4 предназначена, например, для электроэрозионных, ультразвуковых и других станков.

Обозначение модели станка состоит из сочетания трех или четырех цифр и букв.

Первая цифра обозначает номер группы:

- 1 – токарные;
- 2 – сверлильные и расточные;
- 3 – шлифовальные, полировальные, доводочные, заточные;
- 4 – электрофизические и электрохимические;

- 5 – зубо- и резьбообрабатывающие;
- 6 – фрезерные;
- 7 – строгальные, долбежные, протяжные;
- 8 – разрезные;
- 9 – разные.

Вторая цифра слева обозначает тип станка (см. табл. 3.1).

Третья или третья и четвертая цифры обозначают наиболее характерные технологические параметры станка:

- максимальный диаметр обработки;
- размер стола и т.п.

Буква, стоящая после первой цифры слева, указывает на различие исполнения и модернизацию базовой модели станка.

Буква в конце цифровой части обозначает модификацию базовой модели, класс точности станка или его особенности.

Примеры обозначения металлорежущих станков:

1E116 – токарно-револьверный одношпиндельный прутковый автомат (11) с наибольшим диаметром обрабатываемого прутка 16 мм (16);

2H125 – вертикально-сверлильный станок (21) с наибольшим диаметром сверления 25 мм (25);

1336A – токарно-револьверный станок (13) с наибольшим диаметром обрабатываемого прутка 36 мм (36), особо высокой точности (A);

16D20П – токарно-винторезный станок (16) повышенной точности.

Станки с программным управлением обозначаются следующим образом:

Ц – с цикловым управлением;

Ф1 – с цифровой индексацией положения, с предварительным набором координат;

Ф2 – с позиционной системой числового программного управления (ЧПУ);

Ф3 – с контурной системой ЧПУ;

Ф4 – с комбинированной системой ЧПУ.

Примеры обозначения металлорежущих станков с программным обеспечением:

1Г340ПЦ – токарно-револьверный станок (13) с горизонтальной головкой (Г), с наибольшим диаметром обрабатываемого прутка 40 мм (40), повышенной точности (П), с цикловым программным управлением (Ц);

2455АФ1 – координатно-расточный двухстоечный станок (21) особо высокой точности (А) с предварительным набором координат и цифровой индексацией (Ф1);

2Р135Ф2 – вертикально-сверлильный станок (21) с револьверной головкой, крестовым столом, с наибольшим условным диаметром сверления 35 мм (35), с позиционной системой ЧПУ (Ф2);

16К20Ф3 – токарный станок с контурной системой ЧПУ (Ф3);

2202ВМФ4 – многоцелевой (сверлильно-фрезерно-расточный) горизонтальный станок высокой точности (В), с инструментальным магазином (М) и комбинированной системой ЧПУ (Ф4).

Специальные и специализированные станки обозначают буквенным индексом, присвоенным каждому заводу, с номером модели станка:

МШ – Московский завод шлифовальных станков;

ЕЗ – Егорьевский завод зуборезных станков;

МК – Московский станкостроительный завод "Красный пролетарий";

ГФ – Горьковский завод фрезерных станков и др.

Примеры обозначения специальных и специализированных станков:

МШ-245 – рейкошлифовальный полуавтомат повышенной точности Московского завода шлифовальных станков;

ЕЗ-2 – специальный зубодолбежный станок для глобоидных червяков Егорьевского завода зуборезных станков.

Классификация оборудования помогает точно идентифицировать объект при оценке. При этом под идентификацией понимают установление тождественности между тем, что записано в документе (паспорте, инвентарной карточке, описании), и тем, что реально существует. Идентификация объектов оценки означает, во-первых, составление или уточнение списка оцениваемых единиц оборудования по их реальному наличию, т.е. проведение как бы своеобразной инвентаризации, во-вторых, проверку и приведение в соответствие с реальным состоянием основной исходной информации об оцениваемых объектах.

В работу по идентификации входят следующие этапы.

1. Уточнение общей характеристики оцениваемого оборудования в соответствии с заданием на оценку и формирование инвентаризационной описи оцениваемого оборудования.

2. Сбор и проверка технических и других данных по каждому объекту. Технические характеристики и параметры объектов могут быть представлены как в развернутом виде, так и в сокращенной форме — все зависит от цели оценки и значимости оцениваемого объекта.

Например, наиболее полный перечень технических сведений о металлообрабатывающем оборудовании выглядит следующим образом:

- группа, подгруппа, вид оборудования: общее название и код по классификаторам ОКП и ОКФС;
- наименование и модель станка;
- габаритные размеры, мм;
- масса конструкции, т;
- главный параметр и основные технические характеристики;
- дополнительные устройства: например, тип и характеристики ЧПУ;
- мощность электродвигателя, кВт;
- нормативный срок службы, годы;
- ремонтная сложность, единицы ремонтной сложности (е.р.с.) механической, гидравлической, электротехнической частей;
- организация-разработчик;
- предприятие-изготовитель.

Таблица 3.1. Классификация металлорежущих станков

Станки	Группа	Типы станков				
		0	1	2	3	4
Токарные	1	Автоматы и полуавтоматы			Токарно-револьверные	Токарно-револьверные полуавтоматы
		специализированные	одношпиндельные	многошпиндельные		
Сверлильные, расточные	2	—	Настольные и вертикально-сверлильные	Полуавтоматы		Координатно-расточные
				одношпиндельные	многошпиндельные	
Шлифовальные, полировальные, доводочные, заточные	3	—	Круглошлифовальные, бесцентрово-шлифовальные	Внутришлифовальные, координатно-шлифовальные	Обдирочно-шлифовальные	Специализированные шлифовальные
Электрофизические и электрохимические	4	—	—	Светолучевые	—	Электрохимические
Зубо- и резьбообрабатывающие	5	Резьбонарезные	Зубодолбежные для цилиндрических колес	Зуборезные для конических колес	Зубофрезерные для цилиндрических колес и шлицевых валов	Для нарезания червячных колес
Фрезерные	6	Барабанно-фрезерные	Вертикально-фрезерные консольные	Фрезерные непрерывного действия	Продольные одностоечные	Копировальные и гравировальные
Строгальные, долбежные, протяжные	7	—	Продольные		Поперечно-строгальные	Долбежные
			одностоечные	двухстоечные		
Разрезные	8	—	Отрезные, работающие			Правильно-отрезные
			резцом	абразивным кругом	гладким или насечным диском	
Разные	9	—	Трубо- и муфтообрабатывающие	Пилонасекательные	Правильно-и бесцентровообдирочные	—

Типы станков				
5	6	7	8	9
Карусельные	Токарные и лоботокарные	Многорезцовые и копировальные	Специализированные	Разные токарные
Радиально-и координатно-сверлильные	Расточные	Отделочно-расточные	Горизонтально-сверлильные	Разные сверлильные
Продольно-шлифовальные	Заточные	Плоскошлифовальные	Притирочные, полировальные, хонинговальные, доводочные	Разные станки, работающие абразивом
—	—	Электроэрозионные, ультразвуковые прошивочные	Анодно-механические отрезные	—
Для обработки торцов зубьев колес	Резьбо-фрезерные	Зубоотделочные, проверочные и обкатные	Зубо- и резьбошлифовальные	Разные зубо- и резьбообрабатывающие
Вертикально-фрезерные	Продольные двухстоечные	Консольно-фрезерные операционные	Горизонтально-фрезерные консольные	Разные фрезерные
Протяжные горизонтальные	Протяжные вертикальные для протягивания		—	Разные строгальные станки
	внутреннего	наружного		
Ленточнопильные	Отрезные с дисковой пилой	Отрезные ножовочные	—	—
Для испытания инструментов	Делительные машины	Балансировочные	—	—

Более узкий состав сведений обычно включает кроме типа, модели и указания предприятия-изготовителя еще 2–3 ведущих параметра, определяющих рыночную стоимость станка.

3. Техническая экспертиза физического состояния и укомплектованности устройствами и инструментом оцениваемых машин и оборудования непосредственно на месте их эксплуатации.

4. Группировка инвентарных объектов в технологические комплексы и составление данных об этих комплексах, если планируется применение доходного подхода.

3.3. Показатели качества машин и оборудования

Качество – это совокупность свойств машин и оборудования, обуславливающих их пригодность удовлетворять определенные потребности в соответствии с их назначением.

Свойство – это объективная особенность машин и оборудования, которая проявляется при их создании и эксплуатации, т.е. при разработке, производстве, испытаниях, хранении, транспортировании, техническом обслуживании, ремонтах и использовании.

Свойства машин и оборудования можно условно разделить на простые и сложные. Примером сложного свойства является надежность, обусловленная более простыми свойствами: безотказностью, долговечностью, ремонтпригодностью и сохраняемостью. Одно и то же свойство машин и оборудования в различных случаях может быть охарактеризовано техническим или экономическим показателем. Например, свойство ремонтпригодности можно охарактеризовать вероятностью выполнения ремонта в заданное время (техническим показателем) или средней стоимостью ремонта (экономическим показателем).

Показатель качества – это количественная характеристика одного или нескольких свойств машин и оборудования, составляющих их качество, рассматриваемое применительно к определенным условиям их эксплуатации.

В области оценки машин и оборудования вместо термина "показатель качества" чаще используется термин "потребительские свойства". Показатель качества количественно характеризует пригодность машин и оборудования удовлетворять определенные потребности. Показатель качества машин и оборудования может выражаться в различных единицах, например, в километрах в час, часах на отказ, баллах и т.п., а также может быть безразмерным. При рассмотрении показателя качества машин и оборудования следует различать:

- наименование показателя (например, интенсивность отказов);
- численное значение показателя, которое может изменяться в зависимости от различных условий (например, 500 ч).

Различают следующие виды показателей качества машин и оборудования:

- единичный показатель качества;
- комплексный показатель качества;
- определяющий показатель качества;
- интегральный показатель качества.

Единичный показатель качества – показатель качества машин и оборудования, характеризующий одно из их свойств. Примерами единичных показателей качества являются: наработка на отказ, интенсивность отказов, средний ресурс, которые характеризуют безотказность и долговечность машин и оборудования. Единичные показатели качества могут относиться как к данным машинам и оборудованию, так и к совокупности однородных машин и оборудования, характеризуя их одно простое свойство.

Комплексный показатель качества – показатель качества машин и оборудования, характеризующий несколько их свойств. Комплексный показатель характеризует одновременно несколько простых свойств или одно сложное свойство, состоящее из нескольких простых свойств. Примером комплексного показателя качества является коэффициент готовности K_r , который определяется по формуле

$$K_r = T / (T + T_b), \quad (3.1)$$

где T – наработка изделия на отказ (показатель безотказности); T_b – среднее время восстановления (показатель ремонтпригодности).

Другим примером комплексного показателя качества является показатель качества K_0 , определяемый методом средневзвешенного по формуле

$$K_0 = \sum_{i=1}^n K_i a_i, \quad (3.2)$$

где K_i – показатель i -го свойства оцениваемых машин и оборудования; a_i – коэффициент весомости показателя K_i , определяемый экспертно (см. параграф 2.7).

Показатель K_r представляет собой комплексный показатель, имеющий определенный физический смысл, т.е. вероятность того, что оцениваемые машины и оборудование окажутся работоспособными (готовыми к выполнению заданных функций) в любой момент времени в промежутках между периодами планового технического обслуживания или ремонта.

Показатель K_0 , как и все комплексные показатели, определяемые методом средневзвешенного, представляет собой условную величину, выражаемую в условных единицах исчисления (например, в баллах), и реального физического смысла не имеет.

Деление показателей качества на единичные и комплексные является условным из-за условности деления свойств машин и оборудования на простые и сложные. Например, с одной стороны, свойство ремонтпри-

годности по отношению к свойству готовности или к еще более сложному свойству надежности является простым. С другой стороны, показатель ремонтопригодности T_v определяется по формуле

$$T_v = T_o + T_y,$$

где T_o – среднее время, затрачиваемое на отыскание отказа; T_y – среднее время, затрачиваемое на устранение отказа. Поэтому ремонтопригодность является сложным свойством машин и оборудования по отношению к их более простым свойствам – таким, как приспособленность к отысканию отказов и приспособленность к их устранению. Следовательно, относительно показателя K_r показатель T_v является единичным показателем, а относительно показателей T_o и T_y является комплексным показателем.

Определяющий показатель качества – показатель качества объекта, по которому принимают решение оценивать его качество. Данный показатель качества определяется по формуле

$$K_{\text{опр}} = \sum_{i=1}^n B_{\text{ср}i} a_i, \quad (3.3)$$

где $K_{\text{опр}}$ – значение определяющего показателя качества; $B_{\text{ср}i}$ – среднее значение результата оценки i -го показателя качества, баллы.

Свойства, учитываемые определяющими показателями качества, могут характеризоваться единичными и (или) комплексными показателями качества. В последнем случае определяющий показатель называют **обобщенным показателем качества**.

Необходимо осторожно пользоваться обобщенным показателем качества, не допуская перекрытия одними единичными показателями существенных недостатков машин и оборудования, которые характеризуются другими единичными показателями.

Пример 3.1. Найти определяющий показатель качества деревообрабатывающего станка, который характеризуется свойствами, приведенными в табл. 3.2.

Решение.

Для нахождения определяющего показателя качества станка были привлечены четыре эксперта, которые установили коэффициенты весомости его свойств (см. табл. 3.2). Оценка каждого свойства устанавливалась в баллах: 3 – отлично; 2 – хорошо; 1 – удовлетворительно. Результаты оценки свойств станка экспертами и нахождения значения его определяющего показателя качества сведены в табл. 3.2.

Определяющий показатель качества в зависимости от рассматриваемых свойств (показателей качества) объекта (табл. 3.3) может быть использован как при оценке физического, так и функционального износа машин и оборудования. Например, физический износ машин и оборудования может быть оценен по ухудшению их свойств, приведенных в табл. 3.2, а функциональный износ оцениваемого объекта по сравнению с аналогом может быть определен по таким показателям качества, как установленная мощность, масса, габаритные размеры, занимаемая площадь, производительность на единицу занимаемой площади, соответствие эргономическим требованиям, ремонтопригодность и т.д. В данном случае коэффициент физического или функционального из-

носа оцениваемого объекта может быть определен методом снижения потребительских свойств (см. параграф 2.7).

Таблица 3.2. Расчет определяющего показателя качества

Свойства оборудования	Коэффициент весомости свойства a_i	Результат оценки свойства i -м экспертом B_i , балл				Среднее значение результата оценки $B_{\text{ср}i}$, балл	$B_{\text{ср}i} a_i$, балл
		1	2	3	4		
Количество произведенной продукции в единицу времени	3	3	2	3	3	2,75	8,25
Качество выполнения операций	4	2	3	3	2	2,5	10
Эффективность расходования энергоресурсов	2	2	2	1	2	1,75	3,5
Безопасность обслуживания	1	2	1	1	2	1,5	1,5
Показатель $K_{\text{опр}} = \sum_{i=1}^4 B_{\text{ср}i} a_i$							23,25

Интегральный показатель качества – отношение суммарного полезного эффекта от эксплуатации объекта к суммарным затратам на его создание и эксплуатацию. Данный показатель качества при сроке службы объекта более одного года определяется по формуле

$$K_{\text{и}} = \Xi / (3_c \varphi(t) + 3_z), \quad (3.4)$$

где Ξ – суммарный полезный эффект от эксплуатации объекта, (например, пробег грузового автомобиля в тонно-километрах за срок службы до капитального ремонта); 3_c – суммарные затраты на создание объекта, т.е. на его разработку, изготовление и монтаж; 3_z – суммарные затраты на эксплуатацию объекта, т.е. на техническое обслуживание, ремонты и другие текущие затраты; $\varphi(t)$ – поправочный коэффициент, зависящий от срока службы объекта.

Коэффициент $\varphi(t)$ определяется по формуле

$$\varphi(t) = \frac{E_n (1 + E_n)^{t-1}}{(1 + E_n)^t - 1}, \quad (3.5)$$

где E_n – нормативный коэффициент окупаемости капиталовложений, обычно принимаемый равным 0,15; t – срок полезного использования объекта.

Значения коэффициента $\varphi(t)$, рассчитанные по формуле (3.5) при $E_n = 0,15$, приведены в табл. 3.3.

Таблица 3.3. Значения коэффициента $\varphi(t)$

t	$\varphi(t)$	t	$\varphi(t)$	t	$\varphi(t)$
1	1,000	9	0,182	17	0,144
2	0,539	10	0,174	18	0,142
3	0,381	11	0,166	19	0,140
4	0,304	12	0,160	20	0,139
5	0,262	13	0,156	21	0,138
6	0,244	14	0,152	22	0,137
7	0,210	15	0,149	23	0,136
8	0,194	16	0,146	24	0,135

Определение значения интегрального показателя качества по формуле (3.4) справедливо при следующих условиях:

- ежегодный эффект от эксплуатации объекта остается постоянным;
- ежегодные эксплуатационные расходы не изменены;
- срок службы объекта составляет целое число лет.

Интегральный показатель качества характеризует эффективность работы объекта в наиболее общей форме. Он используется, когда установлены суммарный полезный эффект от эксплуатации и суммарные затраты на создание и эксплуатацию объекта.

Наряду с интегральным показателем качества используется также величина, обратная ему и называемая удельными затратами на единицу эффекта.

Пример 3.2. Требуется определить коэффициент функционального износа грохота, применяемого в горной промышленности, по сравнению с его более современным аналогом. Исходные данные для расчета приведены в табл. 3.4

Таблица 3.4. Исходные данные к примеру 3.2

Наименование единичных показателей качества	Обозначение показателя	Значение единичных показателей качества	
		Оцениваемого грохота	Аналога
Производительность, т/ч	P	650	700
Срок службы до первого капитального ремонта, ч	T	160	176
Наработка на отказ, ч	T_0	500	550
Среднее время восстановления, ч	T_n	4	3,5
Коэффициент технического использования	K_n	0,98	0,99
Оптовая цена, руб.	C_1	32000	35000
Затраты на монтаж, руб.	C_2	1500	1200
Средняя стоимость одного часа эксплуатации, руб.	C_3	4,5	4
Средняя стоимость одного часа простоя из-за ремонта, руб.	C_4	5600	6000

Решение.

Результаты расчета коэффициента функционального износа оцениваемого грохота сведены в табл. 3.5.

Таблица 3.5. Определение коэффициента функционального износа грохота

Наименование показателя	Формула для расчета	Значение показателя	
		Оцениваемого грохота	Аналога
Суммарный полезный эффект от эксплуатации объекта, т	$\Xi = P \cdot T \cdot K_n$	104001	124740
Суммарные затраты на создание объекта, руб.	$3_c = C_1 + C_2$	33500	36200
Срок службы до первого капитального ремонта при двухсменной работе, мес.	$t = T / (2 \cdot 8)$	10	11
Поправочный коэффициент при сроке службы до первого капитального ремонта менее одного года	Формула (3.5)	1	1
Суммарные затраты на эксплуатацию объекта, руб.	$3_z = C_3 K_n T_n + C_4 T_n$	24605	23178
Интегральный показатель качества, т/руб.	Формула (3.4)	1,79	2,10
Коэффициент функционального износа	$K_{фун} = 1 - (K_{ин} / K_{ан})$	0,148	

Коэффициент весомости показателя качества – количественная характеристика значимости данного показателя качества объекта среди других его показателей качества.

При определении показателей качества оцениваемых объектов рассматривают их относительное, регламентируемое, номинальное и предельное значения.

Относительное значение показателя качества – отношение значения показателя качества оцениваемого объекта к базовому значению этого показателя.

Базовое значение показателя качества – значение показателя качества объекта, принятое за основу при сравнительной оценке его качества.

В качестве базовых значений принимают значения показателей качества лучших отечественных и зарубежных образцов, по которым имеются достоверные данные об их качестве; значения показателей качества, достигнутые ранее, или планируемые значения показателей качества перспективных образцов, найденные экспериментальными или теоретическими методами; значения показателей качества, которые заданы в требованиях на объекты.

Регламентированное значение показателя качества – значение показателя качества объекта, установленное нормативной документацией.

Номинальное значение показателя качества – регламентированное значение показателя качества объекта, от которого отсчитывается допускаемое отклонение.

Номинальные значения показателей качества объектов приводятся на чертежах, в технических условиях, стандартах и в другой нормативной документации, а также в справочной литературе.

Предельное значение показателя качества – наибольшее или наименьшее регламентируемое значение показателя качества объекта.

Предельные значения показателей качества объектов приводятся в нормативной документации и используются при контроле их качества. Предельные значения могут быть максимальными, минимальными или минимальными и максимальными допускаемыми значениями.

Допускаемое отклонение показателя качества – отклонение фактического значения показателя качества объекта от номинального значения, находящегося в пределах, установленных нормативной документацией.

3.4. Номенклатура показателей качества

Номенклатура показателей качества зависит от назначения машин и оборудования. У машин и оборудования многоцелевого назначения эта номенклатура может быть очень многочисленной.

Номенклатура показателей качества устанавливается соответствующими стандартами на данный тип машин или оборудования, например:

– ГОСТ 4.93–86. Система показателей качества продукции. Станки металлообрабатывающие. Номенклатура показателей;

– ГОСТ 4.404–88. Система показателей качества продукции. Оборудование деревообрабатывающее. Номенклатура показателей.

Показатели качества подразделяются на следующие группы:

- 1) показатели назначения;
- 2) показатели надежности;
- 3) показатели экономного использования материалов и электроэнергии;
- 4) эргономические показатели;
- 5) показатели технологичности;
- 6) показатели стандартизации и унификации;
- 7) показатели патентно-правовые;
- 8) показатели безопасности;
- 9) показатели трудоемкости обслуживания.

Номенклатура показателей качества бывает типовой, развернутой и конкретной.

Типовая номенклатура – это полный перечень всех групп и конкретных показателей качества, относящихся практически к любым машинам и

оборудованию. Она является наиболее общей и универсальной. Примерный вариант типовой номенклатуры показателей качества машин и оборудования приведен в табл. 3.6.

Таблица 3.6. Типовая номенклатура показателей качества машин и оборудования

Показатели качества	Характеризуемые свойства
<i>1. Показатели назначения (технико-эксплуатационные показатели)</i>	
1.1. Производительность (т/ч; шт./мин; м ³ /ч)	Количество произведенной продукции в единицу времени
1.2. Рабочая вместимость (м ³ ; л)	Технологические или конструктивные возможности оборудования
1.3. Установленная мощность (кВт)	Технологические возможности оборудования
1.4. Максимальная грузоподъемность (т; кг)	То же
1.5. Подача (м ³ /ч; л/с)	Рабочий режим или производительность
1.6. Напор, давление (МПа; Н/мм ²)	То же
1.7. Скорость (м/с; км/ч)	То же
1.8. Масса изделия (кг)	Конструктивная характеристика оборудования (изделия)
1.9. Габаритные размеры (мм)	То же
1.10. Занимаемая площадь (м ²)	То же
1.11. Площадь поверхности теплообмена (м ²)	Производительность или конструктивные возможности
1.12. Выход годного продукта (%; т/ч; шт./мин)	Качество выполнения операций или содержание брака
1.13. Эффективность обработки сырья (%)	То же
1.14. Коэффициент автоматизации	Уровень автоматизации
1.15. Показатели состава и структуры	Качество выполнения технологии изготовления
<i>2. Показатели надежности</i>	
2.1. Вероятность безотказной работы	Безотказность в работе
2.2. Установленная безотказная наработка (ч)	То же
2.3. Средняя наработка на отказ (ч)	То же
2.4. Срок службы до капитального ремонта (установленный ресурс) (ч; мес.; лет)	Долговечность
2.5. Среднее время восстановления работоспособного состояния (ч)	Ремонтопригодность
2.6. Удельная суммарная продолжительность (трудоемкость) технического обслуживания (ремонтов) (нормо-ч)	То же
2.7. Средний срок сохраняемости (ч; мес.; лет)	Сохраняемость
2.8. Коэффициент готовности	Безотказность и ремонтопригодность

Продолжение таблицы 3.6

Показатели качества	Характеризуемые свойства
2.9. Коэффициент технического использования	То же
2.10. Износостойкость рабочего инструмента машины (ч; лет)	Долговечность
3. Показатели экономного расходования сырья, материалов, топлива, энергии и других ресурсов	
3.1. Коэффициент полезного действия	Эффективность расходования энергоресурсов
3.2. Удельный расход в эксплуатации пара, воды, сжатого воздуха, теплоты и т.п. (м ³ /ед. гл. параметра)	Экономичность расходования ресурсов
3.3. Удельное материалопотребление (кг/ед. гл. параметра)	Расход материалов при эксплуатации и ремонте изделия
3.4. Удельная занимаемая площадь (м ² /ед. гл. параметра)	То же
3.5. Производительность на единицу занимаемой площади ((кг/ч)/м ² ; (шт./ч)/м ²)	То же
4. Показатели технологичности эксплуатации	
4.1. Трудоемкость выполнения работ (нормо-ч/год)	Экономичность трудозатрат при работе с изделием
4.2. Удельная трудоемкость (нормо-ч/шт., нормо-ч/км)	То же
4.3. Тяжесть (напряженность) труда при эксплуатации (балл)	Производительность труда
4.4. Коэффициент блочности	Трудоемкость монтажа
5. Показатели транспортабельности	
5.1. Средняя трудоемкость подготовки изделия к транспортированию (нормо-ч)	Трудоемкость
5.2. Допустимые параметры тряски при транспортировании (мм; Гц)	Сохраняемость
6. Эргономические показатели	
6.1. Соответствие изделия эргономическим требованиям к рабочей зоне, зонам достигаемости, хватке руки (балл)	Эффективность взаимодействия человека с изделием в процессе его эксплуатации
6.2. Соответствие изделия эргономическим требованиям к объему и скорости рабочих движений человека, его силе, условиям приема, переработки и выдачи информации (балл)	То же
6.3. Соответствие изделия эргономическим требованиям к средствам информационного взаимодействия человека и изделия, а также к формированию навыков работы (балл)	То же

Продолжение таблицы 3.6

Показатели качества	Характеризуемые свойства
6.4. Влияние среды использования и влияние изделия через эту среду на эффективность деятельности человека (балл)	То же
7. Экологические показатели	
7.1. Содержание вредных примесей, выбрасываемых в окружающую среду (%; г)	Сохранение среды обитания и здоровья людей
7.2. Вероятность выбросов вредных частиц, газов или излучений при хранении, транспортировании, эксплуатации изделия	То же
8. Показатели безопасности	
8.1. Вероятность безопасной работы человека в течение определенного времени	Безопасность обслуживания изделия
8.2. Время срабатывания защитных устройств (с)	То же
8.3. Сопротивление изоляции токоведущих частей (Ом)	То же
8.4. Электрическая прочность высоковольтных цепей	То же
8.5. Уровни звуковой мощности в октавных полосах частот или звукового давления в октавных полосах частот (дБ)	То же
8.6. Корректированный уровень звуковой мощности или эквивалентный уровень звука (дБ)	То же
8.7. Логарифмические уровни вибростойкости в октавных полосах частот (дБ)	То же
8.8. Коэффициент безопасности	То же
9. Эстетические показатели	
9.1. Информационная выразительность (балл)	Легкость в обучении и управлении работой
9.2. Рациональность формы (балл)	Совершенство конструкции
9.3. Целостность композиции (балл)	То же
9.4. Стабильность товарного вида (балл)	Сохраняемость привлекательности
9.5. Комфортность рабочего места (балл)	Повышение работоспособности человека
10. Показатели стандартизации и унификации	
10.1. Коэффициент примесимости (%)	Насыщенность унифицированными составными частями
10.2. Коэффициент повторяемости (%)	То же
10.3. Коэффициент межпроектной унификации (%)	То же
10.4. Процент стандартных частей изделия (%)	Насыщенность стандартными составными частями

Показатели качества	Характеризуемые свойства
10.5. Процент оригинальных частей изделия (%)	Насыщенность принципиально новыми частями, прогрессивность
<i>11. Патентно-правовые показатели</i>	
11.1. Показатель патентной защиты	Степень авторской защиты изделия
11.2. Показатель патентной чистоты	Степень воплощения в изделии новых решений, не защищенных патентами
11.3. Показатель территориального распространения	Уровень необеспеченности патентной частоты
<i>12. Экономические показатели качества</i>	
12.1. Себестоимость производства единицы продукции или работы (руб./шт., руб./км)	Эффективность производства
12.2. Затраты при эксплуатации (руб./г)	Экономичность эксплуатации
12.3. Затраты на жизненный цикл (руб.)	То же
12.4. Цена изделия (руб.)	Потребительская стоимость

Развернутую номенклатуру показателей качества составляют для определенной группы машин и оборудования, имеющих одно название, одинаковые или близкие функции и сходные параметры свойств. Примерами таких номенклатур служат номенклатуры деревообрабатывающего оборудования, металлообрабатывающих станков, легковых автомобилей и т.д.

Конкретная номенклатура – это номенклатура показателей качества конкретного вида или типа изделий.

3.5. Методы определения показателей качества

Методы определения показателей качества машин и оборудования подразделяют на две группы:

- а) по способам получения информации;
- б) по источникам получения информации.

В зависимости от способа получения информации различают следующие методы определения показателей качества машин и оборудования:

- а) измерительный;
- б) регистрационный;
- в) органолептический;
- г) расчетный.

В зависимости от источника получения информации различают следующие методы определения показателей качества машин и оборудования:

- а) традиционный;
- б) экспертный;
- в) социологический (маркетинговый).

Измерительный метод – этот метод определения значений показателей качества, осуществляемый на основе технических средств измерений. Данным методом определяют большинство показателей качества машин и оборудования:

- а) значения показателей точности и жесткости;
- б) параметры вибрации и шума;
- в) размеры и форму изделий;
- г) число оборотов двигателя;
- д) скорость транспортных средств и др.

Достоинством измерительных методов является объективность оценки, выражение результатов в общепринятых единицах измерения, сопоставимость и воспроизводимость результатов определения показателей качества машин и оборудования. Однако измерительные методы требуют высоких затрат на проведение испытаний, для которых иногда необходимо очень дорогостоящее оборудование, а также высококвалифицированный обслуживающий персонал.

Регистрационный метод – это метод определения значений показателей качества, осуществляемый на основе наблюдения и подсчета числа определенных событий, предметов или затрат. Данным методом определяют:

- а) число отказов при эксплуатации машин и оборудования;
- б) затраты на эксплуатацию;
- в) число дефектных изделий в партии;
- г) количественное соотношение отдельных видов дефектов и т.п.

Измерительные и регистрационные методы определения показателей качества машин и оборудования относятся к объективным методам.

Органолептический метод – это метод определения значений показателей качества, осуществляемый на основе анализа восприятий органами чувств человека. Значения показателей качества данным способом находят путем анализа полученных ощущений и образных восприятий с учетом имеющегося опыта. Полученные значения показателей качества выражаются в баллах (см. параграф 2.10). Точность и достоверность значений показателей качества, определяемых данным методом, зависят от квалификации и навыков экспертов. При данном методе допускается возможность использования некоторых технических средств (за исключением измерительных и регистрационных), увеличивающих разрешающие способности органов чувств человека, например, лупы, микроскопа, микрофона с усилителем громкости и т.п. Органолептическим методом определяют эргономические и эстетические показатели качества.

Для органолептического метода характерен субъективизм оценки показателей качества, несопоставимость и недостаточная воспроизводимость результатов оценки. Тем не менее, данный метод характеризуется просто-

той и быстротой определения показателей качества, не требует дорого-стоящего измерительного оборудования.

Традиционный метод основан на использовании информации от традиционных ее источников. Данный метод используется соответствующими работниками специализированных и расчетных подразделений предприятия. К экспериментальным подразделениям относят лаборатории, испытательные станции, полигоны и т.п., а к расчетным – конструкторские отделы, вычислительные центры, службы качества и другие подразделения. В лабораториях получают информацию о шуме и вибрации при эксплуатации машин и оборудования, об энергопотреблении, КПД и т.д. На испытательных станциях и полигонах получают информацию о показателях надежности, экологичности, безопасности и т.д.

Экспертный метод – это метод определения значений показателей качества, осуществляемый на основе решения, принимаемого экспертами. Данный метод используется в тех случаях, когда невозможно или затруднительно применить методы объективного определения значений показателей качества машин и оборудования. Экспертные методы применяют:

- а) при общей оценке качества машин и оборудования (см. параграф 2.9);
- б) при определении коэффициентов весомости показателей качества (см. параграф 2.7);
- в) при оценке показателей качества органолептическим методом;
- г) при определении итогового комплексного показателя качества на основе совокупности единичных и комплексных (обобщенных и групповых) показателей и т.п.

Экспертный метод оценки не используют, если качество можно оценить другими методами (аналитическими или экспериментальными) с большей точностью или меньшими затратами. Экспертная оценка качества машин и оборудования в целом является предварительной, ненасыщенной информационно и только в первом приближении ориентировочно характеризует качество объекта оценки.

Экспертный метод основан на принятии эвристических решений, базой для которых служат знания и опыт, накопленный экспертами в конкретной области знаний в прошлом. Данный метод обладает субъективизмом вследствие того, что экспертная оценка проводится каждым экспертом индивидуально и представляет собой не что иное, как его психологическую реакцию на различные характеристики машин и оборудования.

Расчетный метод – это метод определения значений показателей качества, осуществляемый на основе использования теоретических и (или) эмпирических зависимостей показателей качества машин и оборудования от их параметров.

Расчетный метод применяют в основном при проектировании машин и оборудования, когда они еще не могут быть объектами экспериментального исследования. Этим методом могут быть также установлены зависимости между отдельными показателями качества машин и оборудования. Расчетный метод используют при определении значений показателей оценки, показателей его производительности, мощности, прочности и т.д.

Социологический метод – это метод определения значений показателей качества машин и оборудования, осуществляемый на основе сбора и анализа мнений их фактических или возможных потребителей.

Социологический метод оценщики могут применять для определения коэффициентов весомости показателей качества машин и оборудования.

3.6. Состояния объектов оценки и методы их исследования

В табл. 3.7 приведены возможные состояния объекта оценки и рекомендуемые методы исследования его технического состояния. Выбор метода исследования определяется оценщиком исходя из следующего:

- состояния, в котором находится объект оценки;
- требований заказчика;
- срока выполнения оценки;
- возможностей оценщика по организации исследований в условиях конкретного предприятия.

Таблица 3.7. Состояния объекта оценки и рекомендуемые методы исследования

№ п/п	Состояние объекта оценки	Рекомендуемые методы оценочных исследований	Дополнительные методы исследования
1	Объект находится в рабочем состоянии	1. Визуальный осмотр 2. Краткосрочные оценочные испытания	–
2	Объект смонтирован, но отключены системы питания электроэнергией, водой, воздухом и т.п.	Визуальный осмотр по сокращенной программе	Кабинетный анализ
3	Объект демонтирован, но находится в состоянии, когда к нему доступ эксперта возможен без глубокого визуального осмотра	Экспресс-анализ	Кабинетный анализ
4	Объект демонтирован и находится вне цеха предприятия и непосредственному осмотру экспертом не подлежит	Кабинетный анализ	–

В зависимости от состояния, в котором находится объект оценки, рекомендуются следующие методы определения технического состояния объекта.

Визуальный осмотр состоит в ознакомлении с документацией, осмотре оборудования, в том числе на холостом и рабочем ходах, изучении истории его работы, беседы с обслуживающим персоналом.

Визуальный осмотр по сокращенной программе без включения оборудования на рабочем и холостом ходах проводится, если оно отключено от систем питания электроэнергией, водой, воздухом и т.п.

Краткосрочные оценочные испытания требуют привлечения специалистов для проведения обследования оборудования. Оценщик может воспользоваться практикой исследования технического состояния оборудования, которое периодически проводится работниками ремонтной службы предприятия. Техническое обслуживание проводится для поддержания оборудования в работоспособном и исправном техническом состоянии. Опытные ремонтники вполне квалифицированно могут оценить степень физического износа оборудования.

Объективность экспертных оценок повышается при исследовании физического состояния машин и оборудования с использованием диагностического обеспечения, т.е. правил, методов, алгоритмов и средств технического диагностирования.

Оценочные испытания проводятся для определения фактических характеристик технологических машин и оборудования в момент оценки. Например, для металлорежущих станков данные испытания предусматривают:

- проверку работы на холостом ходу и под нагрузкой в процессе резания;
- проверку геометрической точности;
- проверку точности обработки заготовок;
- испытание на жесткость;
- испытание на виброустойчивость;
- проверку безопасности работы.

Объем оценочных испытаний определяется составом оцениваемого оборудования и требованиями заказчика.

Экспресс-анализ состоит в ознакомлении с документацией, поверхностном визуальном ознакомлении с неработающим оборудованием, беседах с инженерно-техническими работниками предприятия. В результате проведения экспресс-анализа устанавливают комплектацию, уровень эксплуатации, наличие грубых дефектов, износа и т.д.

Кабинетный анализ проводится без непосредственного осмотра оборудования, а только на основании изучения документации и бесед с инженерно-техническим персоналом предприятия.

Рассмотренные методы оценочных исследований позволяют установить фактическое техническое состояние оборудования, его реальный физический износ и остаточный срок службы.

В качестве примера ниже рассмотрены методы оценочных исследований применительно к металлорежущим станкам.

3.7. Краткосрочные оценочные испытания металлорежущих станков

Методики проведения испытаний металлорежущих станков, применяемая аппаратура, методы обработки результатов являются общепринятыми в станкостроении [9].

Испытание на холостом ходу

Общие требования к металлорежущим станкам устанавливает ГОСТ 7599–82.

При испытании металлорежущих станков на холостом ходу проводятся следующие виды проверок.

1. Проверка органов управления последовательным включением всех запрограммированных циклов, скоростей и движений подачи, а также быстрых перемещений. Переключение передвижных зубчатых колес должно происходить плавно, без заеданий и задержек. Механизм переключения должен обеспечивать точную фиксацию зубчатого колеса.

2. Проверка температуры подшипников и узлов станка. Избыточная температура нагрева подшипников, шпинделей, электродвигателей, гидроустройств и других источников тепловых деформаций устанавливается в технических условиях или заменяющих их технических документах на конкретный станок в соответствии с требованиями стандартов. Установившаяся температура масла в баке гидросистемы во время работы не должна превышать 55 °С, если в технических условиях или заменяющих их технических документах на конкретные виды станков не предусматривается меньшее значение.

Допускается температура масла в гидробаке до 70 °С, если выделяемое гидросистемой тепло не оказывает существенного влияния на точность работы станка.

3. Проверка механизмов станка. Движение суппортов, столов и других рабочих органов станка при всех рабочих скоростях, указанных в эксплуатационных документах, нагрузках и регулировках должно происходить плавно, без скачков.

Перемещение рабочих органов станков, приводимых в движение гидро- и пневмоприводами, должно происходить при всех рабочих скоростях, указанных в эксплуатационной документации на станок, без вибраций, резких толчков и остановок.

Шум коробок скоростей и подачи при работе на холостом ходу должен быть ровным и еле слышимым на расстоянии 4...5 м от станка, при этом другое оборудование в данном помещении должно быть отключено.

Пуск и реверсирование механизмов станка должны происходить без рывков и ударов.

Испытание на шум

При испытании станков на шум измеряют уровень звукового давления или уровень звуковой мощности при частотной характеристике A (частотной коррекции), который не должен превышать допустимое значение. Допустимый уровень шума указывается в руководстве по эксплуатации конкретного станка и обычно не превышает значение 80...82 дБ A .

Измерение уровня звукового давления (звуковой мощности) производится на расстоянии 0,5 м над уровнем пола на холостом ходу при последовательном переключении скоростей главного движения и движения подачи.

Испытание на производительность

Производительность станка определяется количеством заготовок, обработанных в единицу времени. После обработки заготовки контролируется точность полученных геометрических параметров:

- точность размеров;
- точность формы (макрогеометрия);
- точность по шероховатости поверхности (микрогеометрия);
- точность взаимного расположения поверхностей.

Испытание на жесткость

Испытание на жесткость является дополнительной проверкой технического состояния станка, характеризующей точность обработки заготовок и производительность станка.

Нормы точности и жесткости станков должны соответствовать требованиям стандартов и технических условий или заменяющих их технических документов на конкретные виды станков.

Чем меньше жесткость системы станок – деталь – инструмент, тем сильнее отклоняются размеры и форма обработанных поверхностей заготовки от требуемых значений, а, следовательно, ниже точность обработки. С понижением жесткости системы станок – деталь – инструмент легче возникает вибрация, повышается ее уровень при резании, что ведет к снижению точности обработки заготовок, производительности станка, стойкости инструмента, а в некоторых случаях — к невозможности осуществления процесса резания.

Жесткость станка главным образом зависит от качества пригонки (износа) стыковых поверхностей, состояния (износа) поверхностей регулирующих деталей (клиньев, компенсационных колец, планок и т.д.), а также от качества сборки узла.

Жесткость станка определяется обычно статическим нагружением его узлов и измерением перемещения (см. табл. 3.5).

Испытание на виброустойчивость

Испытание на виброустойчивость станка включает в себя:

1) проверку качества обработанной поверхности заготовки посредством снятия ее профилограммы, косвенно характеризующей колебания рабочих органов станка и инструмента;

2) регистрацию частот и амплитуд колебаний рабочих органов станка в рабочем режиме и выявление частот, на которых амплитуды колебаний превышают допустимые значения;

3) определение частот собственных колебаний рабочих органов станка посредством удара по соответствующему узлу и регистрации затухающих колебаний во временной области.

Анализируя полученные при испытании данные, оценивают фактическое техническое состояние станка.

Испытание на точность

Основными нормативными документами при испытании станков на точность являются:

1) ГОСТ 8–82. Станки металлорежущие. Общие требования к испытаниям станков на точность;

2) ГОСТ 22267–76. Станки металлорежущие. Схемы и способы измерений геометрических параметров;

3) стандарты по соответствующим видам оборудования, например, ГОСТ 18097–93. Станки токарно-винторезные и токарные. Основные размеры. Нормы точности.

Точность металлорежущих станков определяется тремя группами показателей:

1) показателями, характеризующими точность обработки образцов-изделий;

2) показателями, характеризующими геометрическую точность станков;

3) дополнительными показателями.

К первой группе показателей относятся:

– точность геометрических форм и расположения обработанных поверхностей образцов-изделий;

– постоянство размеров партий образцов-изделий;

– шероховатость обработанных поверхностей образцов-изделий.

Общие технические требования к образцам-изделиям устанавливает ГОСТ 25443–82Е.

К показателям, характеризующим геометрическую точность станка, относятся:

– точность баз для установки заготовки и инструмента;

– точность траекторий перемещений рабочих органов станка, несущих заготовку и инструмент;

– точность расположения осей вращения и направлений прямолинейных перемещений рабочих органов станка, несущих заготовку и инструмент, относительно друг друга и относительно баз;

– точность взаимных относительных линейных и угловых перемещений рабочих органов станка, несущих заготовку и инструмент;

– точность делительных и установочных перемещений рабочих органов станка;

– точность координатных перемещений (позиционирования) рабочих органов станка, несущих заготовку и инструмент;
 – стабильность параметров при многократном повторении проверки, например, точность подвода на жесткий упор, точность малых перемещений подвода.

К дополнительным показателям точности станка относится способность сохранения взаимного расположения рабочих органов станка, несущих заготовку и инструмент, при следующих условиях:

- приложении внешней нагрузки;
- воздействии тепла, возникающего при работе станка на холостом ходу;
- колбаниях, возникающих при работе станка на холостом ходу.

Объем испытаний на точность должен быть минимальным, но достаточным для получения достоверности результатов испытаний и оценки точности станка.

При выборе проверяемых параметров точности следует отдавать предпочтение наиболее значимым из них.

Перечень показателей точности станков определяется стандартами на нормы точности конкретных типов станков и техническими условиями. Например, для токарно-револьверного станка модели 1К 341 установлены методы проверки точности, указанные в табл. 3.8.

3.8. Визуальный осмотр машин и оборудования

Визуальный осмотр металлорежущих станков состоит из трех этапов.

На *первом этапе* проводится осмотр станка. Осмотру подлежат:

- направляющие станины, суппорта и т.д.;
- опоры шпинделей и валов;
- детали передач (зубчатых, цепных, винт – гайка и т.д.);
- муфты, тормоза.

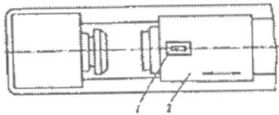
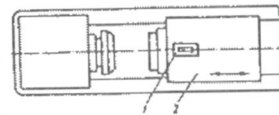
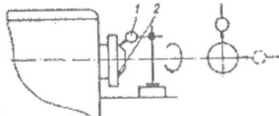
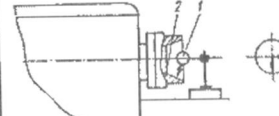
Осмотр проводится при снятых крышках. Выявляют наличие следов износа на поверхностях деталей: рисок, царапин, блестящих притертых полос, задигов и других повреждений. Устанавливают вид износа (устраняемый или неустранимый), необходимость и вид ремонта.

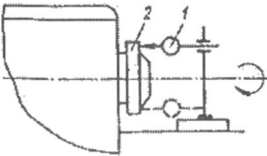
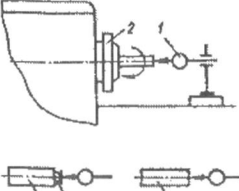
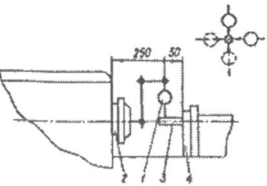
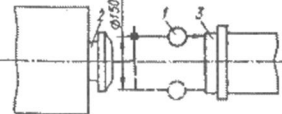
На *втором этапе* осуществляют проверку станка на рабочем и холостом ходу, контролируют параметры шума, устанавливают наличие деталей и узлов с предельным износом, а также отказавших узлов.

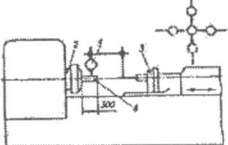
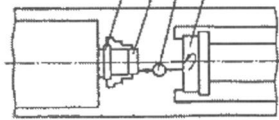
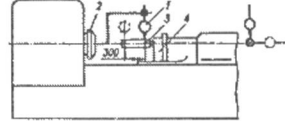
В первую очередь необходимо обратить внимание на быстроизнашиваемые детали, которые указываются в руководстве по эксплуатации конкретного вида станка.

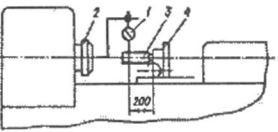
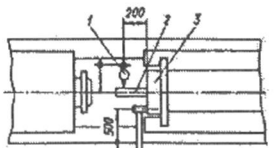
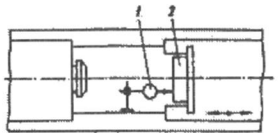
На *третьем этапе* проводят сбор информации в различных службах предприятия.

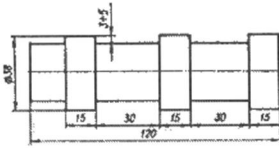
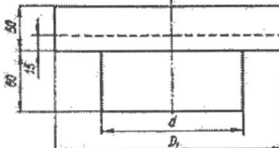
Таблица 3.8. Испытание станка на соответствие нормам точности

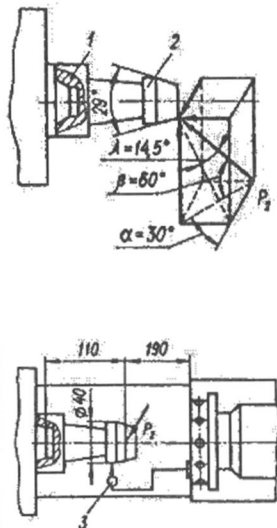
Предмет проверки	Метод проверки	Допуск, мм/мм	Фактическое отклонение, мм/мм
1. Прямолинейность продольного перемещения револьверного суппорта в вертикальной плоскости 	На суппорте 2 параллельно направлению перемещения устанавливается уровень 1. Суппорт перемещают на всю длину рабочего хода. Замеряют не реже чем через 300 мм и не менее чем в трех положениях по длине хода суппорта. Отклонение определяют как наибольшую алгебраическую разность показаний уровня	На длине хода суппорта 40/1000 вогнутость не допускается	20/1000
2. Постоянство положения плоскости движения (перекос) при продольном перемещении револьверного суппорта 	На суппорте 2 непосредственно или с помощью мостика перпендикулярно направлению его перемещения устанавливается уровень 1. Суппорт перемещают на всю длину рабочего хода. Замеряют не реже чем через 300 мм и не менее чем в трех положениях по длине хода суппорта. Отклонение определяют как наибольшую алгебраическую разность показаний уровня	На длине хода суппорта 40/1000	20/1000
3. Радиальное биение наружной центрирующей поверхности шпинделя 	На неподвижной части станка укрепляют индикатор 1 так, чтобы его измерительный наконечник был перпендикулярен центрирующей поверхности шпинделя 2 в точке касания. Шпиндель приводят во вращение и измеряют показания индикатора в двух взаимно перпендикулярных плоскостях. Отклонение определяют как наибольшую величину показаний индикатора	12	8
4. Радиальное биение поверхности под зажимные цанги 	К шпинделю станка крепится корпус патрона 49-10-50. На неподвижной части станка укрепляют индикатор 1 так, чтобы его измерительный наконечник был перпендикулярен центрирующей поверхности 2 под зажимные цанги в точке касания. Шпиндель приводят во вращение. Измерения проводят в двух взаимно перпендикулярных плоскостях. Отклонение определяют как наибольшую величину показаний индикатора	12	6

Предмет проверки	Метод проверки	Допуск, мкм/мм	Фактическое отклонение, мкм/мм
5. Торцевое биение опорной поверхности шпинделя 	На неподвижной части станка укрепляют индикатор 1 так, чтобы его измерительный наконечник был перпендикулярен опорной торцевой поверхности шпинделя 2 в точке касания. Шпиндель приводят во вращение и проводят измерения в двух диаметрально противоположных точках. Отклонение определяют как наибольшую величину показаний индикатора	12	9
6. Осевое биение шпинделя 	На неподвижной части станка укрепляют индикатор 1 так, чтобы его измерительный наконечник касался шарика 3, вставленного в центровое отверстие короткой оправки 4 или торца короткой оправки 5, установленных в калиброванное отверстие шпинделя 2. Шпиндель приводят во вращение. Отклонение определяют как наибольшую величину показаний индикатора	12	7
7. Совпадение осей для инструментов и для резцедержателей в revolverной головке с осью шпинделя в вертикальной и горизонтальной плоскостях 	В шпинделе 2 укрепляют индикатор 1 так, чтобы его измерительный наконечник был перпендикулярен в точке касания цилиндрической поверхности оправки 3, вставленной в отверстие для инструмента в revolverной головке 4. В каждой плоскости проводят измерения по двум диаметрально противоположным образующим (шпиндель поворачивают на 180°). Отклонение определяют половиной алгебраической разности показаний индикатора в данной плоскости. Проверке подвергают все отверстия revolverной головки	25	16
8. Перпендикулярность к оси шпинделя торцевой поверхности revolverной головки 	Индикатор 1 укрепляют в шпинделе так, чтобы его измерительный наконечник был перпендикулярен в точке касания торцевой поверхности revolverной головки 3. Шпиндель с индикатором поворачивают на 180°. Отклонение определяют как алгебраическую разность показаний индикатора	25	16

Предмет проверки	Метод проверки	Допуск, мкм/мм	Фактическое отклонение, мкм/мм
9. Параллельность оси шпинделя направлению перемещения revolverного суппорта в вертикальной и горизонтальных плоскостях 	Индикатор 1 укрепляют в шпинделе так, чтобы его измерительный наконечник был перпендикулярен в точке касания цилиндрической поверхности оправки 4, закрепленной на шпинделе 2, revolverный суппорт перемещают на длину 300 мм и проверяют на указанной длине. В каждой плоскости проводят измерения по двум диаметрально противоположным образующим (шпиндель поворачивают на 180°). Отклонение определяют как среднее арифметическое результатов измерений в данной плоскости	20	12
10. Перпендикулярность к оси шпинделя направления перемещения revolverной головки при окружной подаче 	Индикатор 1 укрепляют в revolverной головке 4 так, чтобы его измерительный наконечник был перпендикулярен в точке касания торцевой поверхности контрольной линейки или контрольного диска 3, закрепленного на шпинделе 2	12	7
11. Параллельность осей отверстий для инструмента revolverной головки направлению ее продольного перемещения в вертикальной и горизонтальной плоскостях 	Индикатор 1 укрепляют в шпинделе 2 так, чтобы его измерительный наконечник был перпендикулярен в точке касания цилиндрической поверхности оправки 3, плотно вставленной в отверстие revolverной головки 4. Revolverной головке сообщают продольное перемещение на длину 300 мм. В каждой плоскости отклонение определяют как среднее арифметическое результатов трех измерений. При последовательных измерениях положение оправки в revolverной головке меняют. Проверке подвергают все отверстия revolverной головки	20	12

Предмет проверки	Метод проверки	Допуск, мкм/мм	Фактическое отклонение, мкм/мм
12. Точность фиксации при повторных поворотах на каждой позиции revolverной головки 	Индикатор 1 укрепляют на шпинделе 2 так, чтобы его измерительный наконечник был перпендикулярен в точке касания цилиндрической поверхности оправки 3, закрепленной в revolverной головке 4, и был расположен на расстоянии $L = 200$ мм от торца при фиксированном положении головки. Головку поворачивают на 360° . Отклонение определяют как разность показаний индикатора при начальном положении головки и по возвращении ее в первоначальное положение после поворота на 360° . Отклонение определяют как наибольшую величину результатов пяти измерений. Проверке подвергают все позиции revolverной головки	20	12
13. Постоянство положения revolverной головки в подпильнике и фиксирующем устройстве 	На неподвижной части станка устанавливают индикатор 1 так, чтобы его измерительный наконечник был перпендикулярен в точке касания цилиндрической поверхности оправки 2, закрепленной в revolverной головке 3, и был расположен на расстоянии 200 мм от ее торца. На revolverную головку действуют усилия $P = 50$ Н, приложенные на плече 500 мм последовательно в направлении поворота головки и в обратную сторону. Смещение при каждом положении revolverной головки определяют как алгебраическую разность показаний индикатора при нагрузке $+P$ и $-P$. Проверке подвергают все позиции revolverной головки	25	16
14. Точность выключения (при повторных включениях) автоматической, продольной подачи revolverного суппорта 	На неподвижной части станка устанавливают индикатор 1 так, чтобы его измерительный наконечник был перпендикулярен в точке касания торцевой поверхности revolverной головки 2, подведенной к упору на автоматической подаче. Затем суппорт отводят до упора и снова включают автоматическую подачу до упора. Погрешность определяют как наибольшее отклонение при пяти измерениях	32	20

Предмет проверки	Метод проверки	Допуск, мкм/мм	Фактическое отклонение, мкм/мм
15. Точность формы наружной цилиндрической поверхности образца после его чистовой обработки на станке а) постоянство диаметра обработанной поверхности в поперечном сечении; б) постоянство диаметра обработанной поверхности в любом сечении 	Стальной (сталь среднеуглеродистая $\sigma = 450$ МПа) ступенчатый валик обрабатывают при закреплении в цанге или патроне (без поддержки задним центром) резцом, закрепленным в revolverной головке. Станки проверяют на образцах, изготовленных из прутка максимального диаметра 40 мм и длины $L = 150$ мм. После чистовой обработки образец измеряют микрометром или рычажной скобой. Отклонение определяют как наибольшую разность диаметров: а) поперечного сечения; б) нескольких (не менее трех) поперечных сечений в пределах длины образца	а) 12 б) 20	а) 7 б) 12
16. Прямолинейность торцевой поверхности образца после чистовой обточки резцами, закрепленными в revolverной головке  $D_1 \approx 0,5D_{\max}$ $d = 0,75D$	Стальной (сталь среднеуглеродистая $\sigma = 450$ МПа) диска, закрепленного в патроне, обтачивают торцевую поверхность резцом, закрепленным в revolverной головке. После чистовой обточки проверяют прямолинейность обработанной поверхности: а) при помощи линейки и концевых мер или шупа; б) при помощи индикатора, установленного в revolverной головке так, что его измерительный наконечник перемещают по проверяемой поверхности образца от центра до периферии в направлении движения резца при проточке торца. Отклонение определяют как половину разности показаний индикатора	16 на диаметре 150 мм	9

Предмет проверки	Метод проверки	Допуск, мм/мм	Фактическое отклонение, мм/мм
<p>17. Перемещение под нагрузкой, закрепленной на шпинделе оправки относительно револьверной головки</p> 	<p>На шпинделе 1 станка жестко закрепляют оправку 2. В отверстие револьверной головки закрепляют устройство для создания нагружающей силы P_2. Для измерения силы используют рабочие динамометры. Перед каждым испытанием револьверную головку перемещают с последующей установкой (движением к шпинделю) в заданное положение, а шпиндель поворачивают. Револьверную головку закрепляют. Между оправкой, закрепленной на шпинделе, и револьверной головкой создается плавно возрастающая сила P_2. Она действует под углом $\alpha = 30^\circ$ к оси оправки (между направлением поперечной подачи и проекцией силы P_2 на горизонтальную плоскость) и углом $\beta = 60^\circ$ (между проекцией и самой нагружающей силой). Одновременно с увеличением нагрузки измеряются поперечные перемещения оправки, закрепленной на шпинделе, относительно револьверной головки. Индикаторное устройство закрепляют на револьверной головке. При этом измерительный наконечник индикатора устанавливают так, чтобы он касался боковой образующей пояска оправки, а его ось была горизонтальна и перпендикулярна к оси оправки. За величину относительных перемещений принимают среднее арифметическое результатов двух измерений. Проверяют не менее чем в двух позициях револьверной головки</p>	110 при $P_2 = 2000 \text{ Н}$	110
Примечание: Проверка 17 относится к испытаниям станка на жесткость.			

3.9. Экспресс-анализ машин и оборудования

При использовании данного метода оценки технического состояния анализируют сведения, полученные в службе главного механика и бухгалтерии предприятия, о техническом состоянии оборудования, его загрузке, проведенных ремонтах, первичной стоимости, балансовой стоимости на момент последней переоценки, индивидуальных характеристиках, комплектности оцениваемого оборудования.

Комплект поставки приводится в руководстве по эксплуатации конкретного вида оборудования. Руководство по эксплуатации также содержит сведения о проводимых ремонтах и об изменениях (модернизации) оборудования (табл. 3.9, 3.10).

Проводят визуальный осмотр оборудования на предмет наличия грубых дефектов (поломок крышек, наличия забоин и т.д.).

Таблица 3.9. Сведения о ремонте

Наименование и обозначение составных частей оборудования	Основание для сдачи в ремонт	Дата		Категория сложности ремонта	Ремонтный цикл работы оборудования в часах	Вид ремонта	Должность, фамилия и подпись ответственного лица	
		поступления в ремонт	выхода из ремонта				производившего ремонт	принявшего ремонт

Таблица 3.10. Сведения об изменениях

Наименование и обозначение составных частей оборудования	Основание (наименование документа)	Дата проведенных изменений	Характеристика работы оборудования после проведения изменений	Должность, фамилия и подпись ответственного лица

4. ОСНОВЫ ТЕОРИИ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ

4.1. Основные понятия и определения

Применяемые в науке и технике термины и определения основных понятий в области технического диагностирования и контроля технического состояния объектов технической природы устанавливает ГОСТ 20911–89.

Техническая диагностика – область знаний, охватывающая теорию, методы и средства определения технического состояния объектов.

Техническое состояние (ТС) объекта – состояние, которое характеризуется в определенный момент времени, при определенных условиях внешней среды, значениями параметров, установленных технической документацией на объект.

Объект технического диагностирования (контроля ТС) – изделие и (или) его составные части, подлежащие (подвергаемые) диагностированию (контролю).

ТС объекта изменяется под воздействием следующих факторов:

- климатических условий;
- старения с течением времени;
- операций регулировки и настройки в ходе изготовления или ремонта;
- замены отказавших элементов и т.п.

Об изменении ТС объекта судят по значениям диагностических (контролируемых) параметров, позволяющих определить ТС объекта без его разборки.

Техническое диагностирование – это определение ТС объекта.

Техническое диагностирование изделий должно проводиться в процессе:

- производства (при необходимости);
- эксплуатации;
- ремонта.

Целью технического диагностирования изделий является поддержание установленного уровня надежности, обеспечение требований безопасности и эффективности использования изделий.

Задачи технического диагностирования:

- определение вида ТС;
- поиск места и определения причин отказа (неисправности);
- прогнозирование ТС.

Для осуществления технического диагностирования изделия необходимо:

- установить показатели и характеристики диагностирования;
- обеспечить приспособленность изделия к техническому диагностированию;
- разработать диагностическое обеспечение изделия.

Обеспечение приспособленности изделия к техническому диагностированию должно проводиться в соответствии с требованиями ГОСТ 26656–85.

Показатели и характеристики диагностирования, требования по приспособленности изделия к диагностированию и диагностическому обеспечению изделия должны включаться в техническое задание (ТЗ), стандарты на конкретные виды продукции и документацию, разрабатываемую в процессе проведения опытно-конструкторских работ.

Контроль выполнения указанных выше требований осуществляется при проведении предварительных, приемочных и периодических испытаний по программам и методикам испытаний на изделие.

Контроль ТС – проверка соответствия значений параметров объекта требованиям технической документации и определение на этой основе одного из заданных видов ТС в данный момент времени.

Видами технического состояния в зависимости от значений параметров объекта в данный момент времени являются:

- исправное;
- работоспособное;
- неисправное;
- неработоспособное и т.п.

Диагностический (контролируемый) параметр – параметр объекта, используемый при его диагностировании (контроле).

Устанавливают следующие показатели диагностирования:

- показатели достоверности и точности диагностирования;
- технико-экономические показатели.

Показатели достоверности и точности диагностирования приведены в табл. 4.1.

Технико-экономические показатели включают:

- удельные затраты на диагностирование;
- среднюю оперативную трудоемкость диагностирования;
- среднюю оперативную продолжительность диагностирования;
- периодичность диагностирования.

Устанавливают следующие характеристики диагностирования:

- при определении вида технического состояния изделия – номенклатуру параметров изделия, позволяющих определить его техническое состояние;
- при поиске места отказа или неисправностей – глубину поиска места отказа или неисправности, задаваемую уровнем конструктивной сложности составных частей изделия или перечнем элементов, с точностью до которых должно быть определено место отказа или неисправности;
- при прогнозировании технического состояния – номенклатуру параметров изделия, позволяющих прогнозировать его техническое состояние.

Для каждого объекта можно указать множество параметров, характеризующих его ТС. Их выбирают в зависимости от применяемого метода диагностирования (контроля).

Различают прямые и косвенные диагностические (контролируемые) параметры.

Таблица 4.1. Показатели достоверности и точности диагностирования

Задача диагностирования	Результат диагностирования	Показатели достоверности и точности
Определение вида технического состояния	Заключение в виде: 1. Изделие исправно и (или) работоспособно 2. Изделие неисправно и (или) неработоспособно	Вероятность того, что в результате диагностирования изделие признается исправным (работоспособным) при условии, что оно исправно (неработоспособно). Вероятность того, что в результате диагностирования изделие признается неисправным (неработоспособным) при условии, что оно исправно (работоспособно)
Поиск места отказа или неисправностей	Наименование элемента (сборочной единицы) или группы элементов, которые имеют неисправное состояние и место отказа или неисправностей	Вероятность того, что в результате диагностирования принимается решение об отсутствии отказа (неисправности) в данном элементе (группе) при условии, что данный отказ имеет место. Вероятность того, что в результате диагностирования принимается решение о наличии отказа в данном элементе (группе) при условии, что данный отказ отсутствует
Прогнозирование технического состояния	Численное значение параметров технического состояния на задаваемый период времени, в том числе и на данный момент времени	Среднеквадратическое отклонение прогнозируемого параметра
	Численное значение остаточного ресурса (наработки)	Среднеквадратическое отклонение прогнозируемого остаточного ресурса
	Численное значение остаточного ресурса (наработки), соответствующее заданной вероятности	Вероятность безотказной работы, показатели изменения прогнозируемого диагностического параметра по ГОСТ 27.302-86
	Нижняя граница вероятности безотказной работы по параметрам безопасности на задаваемый период времени	Доверительная вероятность
* Для изделий специальной техники		

Прямой параметр – структурный параметр, непосредственно характеризующий ТС объекта. К прямым параметрам относят износ, зазор в сопряжении и др.

Косвенный параметр – параметр объекта, косвенно характеризующий его ТС. К косвенным параметрам относят давление масла, время, содержание СО в отработанных газах, вибрацию, шум и др.

Исправное ТС – ТС объекта, при котором он удовлетворяет всем требованиям технической документации. Убедиться в исправности объекта необходимо после его изготовления и ремонта.

Неисправное ТС – состояние объекта, при котором он не соответствует хотя бы одному из требований нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации.

Повреждение – событие, заключающееся в нарушении исправного ТС объекта при сохранении работоспособного ТС.

Работоспособное ТС – ТС объекта, при котором он может выполнять все заданные ему функции с сохранением значений заданных параметров в требуемых пределах. Убедиться в работоспособности объекта необходимо при его профилактике, после транспортирования и хранения.

Неработоспособное ТС – состояние объекта, при котором значение хотя бы одного параметра, характеризующего способность выполнять заданные функции, не соответствует требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации.

Отказ – событие, заключающееся в нарушении работоспособного ТС объекта.

Критерий отказа – признак или совокупность признаков нарушения работоспособного ТС объекта, установленные в нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации.

Контроль функционирования – контроль выполнения объектом части или всех свойственных ему функций.

Правильно функционирующий объект – объект, значения параметров которого в текущий момент реального времени находятся в требуемых пределах.

Неисправное и неработоспособное ТС, а также ТС неправильного функционирования объекта могут быть детализированы путем указания соответствующих дефектов, нарушающих исправность, работоспособность или правильность функционирования и относящихся к одной или нескольким составным частям объекта либо к объекту в целом.

Предельное ТС – состояние объекта, при котором его дальнейшая эксплуатация недопустима или нецелесообразна либо восстановление его работоспособного состояния невозможно или нецелесообразно.

Критерий предельного ТС – признак или совокупность признаков предельного ТС объекта, установленные нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документацией.

В зависимости от условий эксплуатации для одного и того же объекта могут быть установлены два и более критерия предельного ТС.

В соответствии с ГОСТ 15467–79 **дефект** – это каждое отдельное несоответствие продукции установленным требованиям.

Обнаружение дефекта (неисправности) – установление факта его (ее) наличия или отсутствия в объекте.

Глубина поиска дефекта (неисправности) – указание с определенной точностью его (ее) местоположения в объекте.

Прогнозирование ТС – определение ТС объекта с заданной вероятностью на предстоящий интервал времени.

Целью прогнозирования ТС объекта является определение с заданной вероятностью интервала времени (ресурса), в течение которого сохранится работоспособное (исправное) ТС объекта или вероятности сохранения работоспособного (исправного) состояния объекта на заданный интервал времени.

Технический диагноз – результат диагностирования.

4.2. Системы технического диагностирования

Диагностирование ТС объекта осуществляется средствами диагностирования.

В соответствии с ГОСТ 20911–89 **средства технического диагностирования** – это аппаратура и программы, с помощью которых осуществляется диагностирование (контроль).

К аппаратурным средствам диагностирования (контроля) относятся различные устройства: приборы, пульта, стенды, специальные вычислительные машины, встраиваемая аппаратура контроля вычислительных и управляющих машин и т.п.

Программные средства диагностирования (контроля) представляют собой:

- рабочие программы объекта, содержащие дополнительные операции, необходимые для диагностирования (контроля) объекта и позволяющие осуществлять диагностирование (контроль) объекта в процессе использования его по прямому назначению;

- специальные программы, составленные исходя из требований диагностирования (контроля) объекта и требующие прерывов в выполнении объектом его рабочих функций.

В качестве средств диагностирования могут также выступать человек-оператор, контролер, наладчик.

В зависимости от конструктивного исполнения различают:

- **встроенное средство диагностирования (контроля ТС)** – это средство диагностирования (контроля), являющееся составной частью объекта;

- **внешнее средство диагностирования (контроля ТС)** – это средство диагностирования (контроля), выполненное конструктивно отдельно от объекта.

В зависимости от степени универсальности различают:

- **специализированное средство диагностирования (контроля ТС)** – это средство, предназначенное для диагностирования (контроля) одного объекта или группы однотипных объектов;

- **универсальное средство диагностирования (контроля ТС)** – это средство, предназначенное для диагностирования (контроля) объектов различных типов.

В зависимости от степени автоматизации различают:

- автоматизированное средство диагностирования (контроля ТС);

- автоматическое средство диагностирования (контроля ТС).

Различают следующие виды технического диагностирования:

- **рабочее техническое диагностирование** – это диагностирование, при котором на объект подают рабочие воздействия; рабочие воздействия предусмотрены алгоритмом функционирования объекта;

- **тестовое техническое диагностирование** – это диагностирование, при котором на объект подают тестовые воздействия;

- **экспресс-диагностирование** – это диагностирование по ограниченному числу параметров за заранее установленное время.

Средства и объекты диагностирования, взаимодействующие между собой, образуют систему диагностирования (контроля ТС).

Система технического диагностирования (контроля ТС) – это совокупность средств, объекта и исполнителей, необходимая для проведения диагностирования (контроля) по правилам, установленным в технической документации.

В зависимости от степени автоматизации различают системы диагностирования (контроля ТС):

- автоматизированную – систему диагностирования (контроля), обеспечивающую проведение диагностирования (контроля) с применением средств автоматизации и участием человека;

- автоматическую – систему диагностирования (контроля), обеспечивающую проведение диагностирования (контроля) без участия человека.

В зависимости от вида диагностирования различают системы:

- тестового диагностирования;

- рабочего (функционального) диагностирования.

В системах обоих видов средства диагностирования воспринимают и анализируют ответы объекта на входные тестовые или рабочие воздействия и выдают результат диагностирования, т.е. ставят диагноз:

- объект исправен или не исправен;

- работоспособен или неработоспособен;

- функционирует правильно или неправильно;
- имеет такой-то дефект;
- в объекте повреждена такая-то его составная часть.

Системы тестового диагностирования необходимы:

- для проверки исправности;
- для проверки работоспособности;
- для поиска дефектов, нарушающих исправность или работоспособность объекта.

Системы рабочего (функционального) диагностирования необходимы:

- для проверки правильности функционирования;
- для поиска дефектов, нарушающих правильное функционирование объекта.

При разработке систем диагностирования решают задачи:

- изучения объекта диагностирования (ОД), его возможных дефектов и признаков их проявления;
- выбора математической модели поведения исправного ОД и его неисправных модификаций;
- анализа математической модели с целью получения реализуемого системой алгоритма диагностирования;
- выбора или разработки средств диагностирования;
- рассмотрения и расчета характеристик системы диагностирования в целом.

Любая система диагностирования является специфической системой управления или контроля.

Управление – процесс выработки и осуществления целенаправленных (управляющих) воздействий на ОД.

Контроль – процесс сбора и обработки информации с целью определения событий.

Если событием является факт достижения некоторого параметра ОД определенного значения, то говорят о контроле параметров.

Если фиксируемым событием является установление факта пребывания ОД в том или ином состоянии (исправном или неисправном; работоспособном или неработоспособном; состоянии правильного или неправильного функционирования), то говорят о контроле ТС ОД.

Понятие контроля ТС можно распространить также на задачи поиска дефектов, если событие определить как факт указания местоположения того или иного дефекта в ОД.

Системы тестового диагностирования являются системами управления.

Системы функционального диагностирования являются типичными системами контроля.

Системы неразрушающего контроля (дефектоскопии) являются классом систем тестового диагностирования.

Виброакустические системы контроля ТС являются классом систем функционального диагностирования.

4.3. Алгоритм диагностирования

Система диагностирования в процессе определения технического состояния объекта реализует алгоритм тестового или функционального диагностирования.

В соответствии с ГОСТ 20911–89 **алгоритм диагностирования (контроля)** – это совокупность предписаний, определяющих последовательность действий при проведении диагностирования (контроля).

Алгоритм диагностирования (контроля) устанавливает состав и порядок проведения элементарных проверок объекта и правила анализа их результатов. Элементарная проверка определяется:

- рабочим или тестовым воздействием, поступающим или подаваемым на объект;
- составом признаков и параметров, образующих ответ объекта на соответствующее воздействие.

Результат элементарных проверок (значения ответов объекта) – конкретные значения признаков и параметров, получаемых при диагностировании (контроле).

Различают алгоритмы диагностирования (контроля):

- безусловные, у которых порядок выполнения элементарных проверок определен заранее;
- условные, у которых выбор очередных элементарных проверок определяется результатами предыдущих;
- с безусловной остановкой, если диагноз составляется после выполнения всех элементарных проверок, предусмотренных алгоритмом;
- с условной остановкой, если анализ результатов делается после выполнения каждой элементарной проверки.

Построение алгоритмов диагностирования состоит в выборе совокупности элементарных проверок, по результатам которых в задачах обнаружения дефектов можно отличить:

- исправное техническое состояние;
- работоспособное техническое состояние;
- техническое состояние правильного функционирования объекта от его неисправных технических состояний, а также различать неисправные технические состояния.

В задачах тестового диагностирования составы контрольных точек, с которых снимают ответы объекта на воздействие, часто определены заранее, они одинаковы для всех элементарных проверок. Выбирают только входные воздействия элементарных проверок, т.е. это задачи построения тестов.

В задачах функционального диагностирования входные воздействия элементарных проверок определены заранее рабочим алгоритмом функционирования объекта. Выбору подлежат только составы контрольных точек.

4.4. Модели объектов диагностирования

В соответствии с ГОСТ 20911–89 **диагностическая модель** – это формализованное описание объекта, необходимое для решения задач диагностирования.

Описание может быть представлено в аналитической, табличной, векторной, графической и других формах.

В качестве диагностических моделей можно рассматривать дифференциальные уравнения, логические соотношения, диаграммы прохождения сигналов и др.

По методам представления взаимосвязей между техническим состоянием объекта, его элементами и параметрами диагностические модели подразделяют на виды:

- непрерывные;
- дискретные;
- специальные.

Выбор вида диагностической модели объекта зависит от ряда факторов:

- условий эксплуатации;
- конструктивного исполнения;
- типа комплектующих элементов;
- методов диагностирования.

Различают явные и неявные диагностические модели.

Явные диагностические модели содержат описание исправного объекта и описание каждой из его неисправных модификаций. Данные модели в основном используют для простых объектов.

Неявная диагностическая модель предполагает наличие:

- описания, например, исправного объекта;
- моделей дефектов;
- правил получения (по заданному описанию исправного объекта и по моделям дефектов) описаний всех неисправных модификаций объектов.

Различают функциональные и структурные диагностические модели.

Функциональные диагностические модели отражают только выполняемые объектом (исправным или неисправным) функции, определенные относительно рабочих входов и выходов объекта.

Структурные диагностические модели содержат также информацию о внутренней организации объекта, т.е. о его строении.

Функциональные модели требуются для проверки работоспособности или правильности функционирования объекта. Структурные модели требуются для проверки неисправности (в общем случае) и поиска дефектов с

глубиной большей, чем объект в целом, т.е. когда необходимо установить принадлежность дефекта какому-либо элементу объекта.

Различают детерминированные и вероятностные диагностические модели. Вероятностные модели требуются при невозможности детерминированно описать поведение объекта.

Диагностические модели необходимы:

- для построения алгоритмов диагностирования;
- для анализа алгоритмов диагностирования на полноту обнаружения и глубину поиска дефектов;
- для построения диагностических словарей.

4.5. Диагностическое обеспечение

В соответствии с ГОСТ 20911–89 **диагностическое обеспечение** – это комплекс взаимосвязанных правил, методов, алгоритмов и средств, необходимых для осуществления диагностирования на всех этапах жизненного цикла объекта.

Для того чтобы объект был приспособлен к диагностированию, необходимо при его проектировании разрабатывать диагностическое обеспечение.

Диагностическое обеспечение проектируемого объекта получают в результате анализа его диагностической модели. Строится диагностическая модель на основе предполагаемой конструкции, условий эксплуатации объекта.

В результате исследования диагностической модели устанавливают диагностические признаки, прямые и косвенные параметры и методы их оценки, определяют условия работоспособности, разрабатывают алгоритмы диагностирования.

Диагностическое обеспечение изделия должно включать:

- номенклатуру диагностических параметров и их характеристик (номинальные и допускаемые значения, точки ввода, точки контроля и т.д.);
- методы диагностирования;
- средства технического диагностирования (СТД);
- правила диагностирования.

Номенклатура диагностических параметров должна удовлетворять требованиям полноты, информативности и доступности измерения при наименьших затратах времени и стоимости реализации.

Методы диагностирования должны определяться исходя из установленных задач и включать:

- диагностическую модель изделия;
- алгоритм диагностирования и программное обеспечение;
- правила измерения диагностических параметров;
- правила определения структурных параметров;
- правила анализа и обработки диагностической информации и принятия решения.

Средства технического диагностирования должны обеспечивать определение (измерение) или контроль диагностических параметров в режимах работы изделия, установленных в эксплуатационной документации.

Правила диагностирования должны включать:

- последовательность выполнения операций диагностирования;
- технические требования к выполнению операций диагностирования;
- указания по применяемым СТД и требования к их метрологическому обеспечению;
- указания по режиму работы изделия при диагностировании;
- указания по регистрации и обработке результатов диагностирования и выдаче заключения (диагноза) в соответствии с решаемыми задачами;
- требования безопасности процессов диагностирования и другие требования в соответствии со спецификой эксплуатации изделия.

Формы регистрации и хранения диагностической информации устанавливаются в отраслевых нормативно-технических документах.

5. ВИДЫ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ

5.1. Общие сведения

В соответствии с ГОСТ 27674–88 **изнашивание** – это процесс отделения материала с поверхности твердого тела и (или) увеличения его остаточной деформации при трении, проявляющийся в постепенном изменении размеров и (или) формы тела.

Износ – это результат изнашивания, определяемый в установленных единицах.

Значение износа выражается в единицах длины, объема, массы и т.д. Информацию о состоянии рабочих поверхностей деталей, находящихся в относительном движении, можно получить из анализа виброакустических процессов, сопровождающих работу машин и технологического оборудования (см. параграф 6.6).

Формирование изнашиваемой поверхности происходит в результате суммирования различных по интенсивностям и видам элементарных актов разрушения и изменений механических и физико-химических свойств материала под воздействием внешних факторов: среды, температуры, давления, вида трения, скорости скольжения и т.д. Совокупность явлений в процессе трения (табл. 5.1) определяет вид изнашивания (табл. 5.2) и его интенсивность. Вследствие разнообразия материалов деталей пар трения и условий их эксплуатации виды изнашивания разнообразны. Виды изнашивания подразделяют на следующие группы.

1) Виды механического изнашивания:

- абразивное;
- гидроабразивное (газоабразивное);
- гидроэрозионное (газоэрозионное);
- кавитационное;
- усталостное;
- при фреттинге;
- при заедании.

2) Виды коррозионно-механического изнашивания:

- окислительное;
- при фреттинг-коррозии.

3) Виды изнашивания при воздействии электрического тока:

- электроэрозионное.

Вид изнашивания в первом приближении можно установить по внешнему виду поверхности трения. Для окончательного суждения о виде изнашивания требуется анализ состава, физических и механических свойств тонких поверхностных слоев.

Вид повреждения не является присущим для данной пары трения, а зависит от условий эксплуатации деталей, образующих данную пару. Изменение условий эксплуатации приводит к изменению вида изнашивания рабочих поверхностей. При некоторых условиях трения одна деталь пары может подвергаться одному виду изнашивания, а другая – иному. Поскольку отдельные участки поверхности трения могут находиться в различных условиях смазывания, воздействия внешней среды и т.д., то на одной и той же поверхности могут располагаться участки с различными видами изнашивания.

Таблица 5.1. Виды и характеристики изнашивания

Термин	Определение
Механическое изнашивание <i>Mechanical wear</i>	Изнашивание в результате механических воздействий
Коррозионно-механическое изнашивание <i>Mechanocorrosive wear</i>	Изнашивание в результате механического воздействия, сопровождаемого химическим и (или) электрическим взаимодействием материала со средой
Абразивное изнашивание <i>Abrasive wear</i>	Механическое изнашивание материала в результате режущего или царапающего действия твердых тел или твердых частиц
Гидроэрозионное (газоэрозионное) изнашивание <i>Hydroerosive (gaseous erosive) wear</i>	Изнашивание поверхности в результате воздействия потока жидкости (газа)
Гидроабразивное (газоабразивное) изнашивание <i>Hydroabrasive (gaseous abrasive) wear</i>	Абразивное изнашивание в результате действия твердых тел или твердых частиц, увлекаемых потоком жидкости (газа)
Усталостное изнашивание <i>Fatigue wear</i>	Механическое изнашивание в результате усталостного разрушения при повторном деформировании микрообъемов материала поверхностного слоя. Примечание. Усталостное изнашивание может происходить как при трении качения, так и при трении скольжения
Кавитационное изнашивание <i>Cavitation wear</i>	Механическое изнашивание при движении твердого тела относительно жидкости, при котором пузырьки газа захлопываются вблизи поверхности, что создает высокое местное ударное давление или высокую температуру
Изнашивание при заедании <i>Adhesive wear</i>	Изнашивание в результате схватывания, глубинного вырывания материала, переноса его с одной поверхности трения на другую и воздействия возникших неровностей на сопряженную поверхность

Окончание таблицы 5.1

Термин	Определение
Окислительное изнашивание <i>Oxidative wear</i>	Коррозионно-механическое изнашивание, при котором преобладает химическая реакция материала с кислородом или окисляющей окружающей средой
Изнашивание при фреттинге <i>Fretting wear</i>	Механическое изнашивание соприкасающихся тел при колебательном относительном микро-смещении
Изнашивание при фреттинг-коррозии <i>Fretting corrosion wear</i>	Коррозионно-механическое изнашивание соприкасающихся тел при малых колебательных относительных перемещениях
Электроэрозионное изнашивание <i>Electroerosive wear</i>	Эрозионное изнашивание поверхности в результате воздействия разрядов при прохождении электрического тока

Таблица 5.2. Явления и процессы при трении и изнашивании

Термин	Определение
Скачкообразное движение при трении <i>Stick-slip motion</i>	Явление чередования относительного скольжения и относительного покоя или чередования увеличения и уменьшения относительной скорости скольжения, возникающее самопроизвольно при трении движения. Примечание. Примером скачкообразного движения может служить движение, возникающее вследствие автоколебаний при понижении коэффициента трения с увеличением скорости скольжения
Схватывание при трении Схватывание <i>Adhesion in friction</i> <i>Adhesion</i>	Явление местного соединения двух твердых тел, происходящего вследствие действия молекулярных сил при трении
Перенос материала <i>Transfer of material</i>	Явление при трении твердых тел, состоящее в том, что материал одного тела соединяется с другими и, отрываясь от первого, остается на поверхности второго
Заедание <i>Seizure</i>	Процесс возникновения и развития повреждений поверхностей трения вследствие схватывания и переноса материала. Примечание. Заедание может завершаться прекращением относительного движения
Задир <i>Scoring</i> Царапание <i>Scratching</i>	Повреждение поверхности трения в виде широких и глубоких борозд в направлении скольжения Образование углублений на поверхности трения в направлении скольжения при воздействии выступов твердого тела или твердых частиц
Отслаивание <i>Spalling</i>	Отделение с поверхности трения материала в форме чешуек при усталостном изнашивании

Термин	Определение
Выкрашивание <i>Pitting</i>	Образование ямок на поверхности трения в результате отделения частиц материала при усталостном изнашивании
Приработка <i>Run-in</i>	Процесс изменения геометрии поверхностей трения и физико-химических свойств поверхностных слоев материала в начальный период трения, обычно проявляющийся при постоянных внешних условиях в уменьшении силы трения, температуры и интенсивности изнашивания

Некоторые виды изнашивания, например, в результате схватывания или абразивного взаимодействия, могут иметь подвиды, характеризующиеся различной формой протекания процесса, интенсивностью и внешними признаками. Во всех видах изнашивания в большей или меньшей степени проявляется водородное изнашивание. Действие водорода может выражаться в незначительном увеличении скорости изнашивания того или иного вида, а также в самостоятельном полном разрушении поверхностей трения.

5.2. Водородное изнашивание

Водородное изнашивание обнаруживается в узлах трения машин и технологического оборудования различных отраслей техники и по широте проявления может быть сравнимо с абразивным изнашиванием.

Водородное изнашивание зависит от концентрации водорода в поверхностных слоях трущихся деталей. Водород выделяется из материала пары трения или из окружающей среды (смазочного материала, топлива, воды и т.д.) и ускоряет изнашивание.

Водородное изнашивание вызвано следующими процессами, происходящими в зоне трения:

- интенсивным выделением водорода при трении в результате трибодеструкции водородосодержащих материалов;
- адсорбцией водорода на поверхности трения;
- диффузией водорода в деформированный слой стальных деталей;
- разрушением поверхности вследствие одновременного развития большого числа зародышей трещин по всей зоне деформирования; для разрушения характерно мгновенное образование мелкодисперсного порошка материала деталей;
- повышением хрупкости поверхностных слоев стальных и чугунных деталей, вызывающим более интенсивное изнашивание.

Практически все поверхности трения стальных и чугунных деталей содержат повышенное количество водорода и, следовательно, подвержены повышенному изнашиванию.

Кроме разложения в зоне контакта смазочного материала, топлива или пластмассы благоприятные условия для водородного изнашивания создаст также наличие в воздухе паров воды.

Существует два основных вида изнашивания поверхностей стальных и чугунных деталей под воздействием водорода:

- изнашивание диспергированием;
- изнашивание разрушением.

При водородном изнашивании диспергированием (ВИДИС) не наблюдается каких-либо видимых изменений в поверхностных слоях трущихся деталей. На поверхностях нет вырывов, задигов, заметного переноса материала с одной поверхности трения на другую. Поверхности трения могут иметь блеск, невидимые невооруженным глазом мелкие царапины, расположенные в направлении скольжения. Однако за несколько часов работы деталей в режиме ВИДИС линейный износ поверхностей трения может составить до 0,5 мм и более (при нормальной эксплуатации деталей износ составляет до 0,01 мм).

При водородном изнашивании разрушением (ВИРАЗ) поверхностный слой стальных или чугунных деталей разрушается мгновенно на глубину до 1...2 мкм. Это происходит, когда поверхностный слой накапливает большое количество водорода. Водород попадает в микротрещины, поры, межкристаллические границы и т.д. При трении происходит периодическое деформирование поверхностного слоя, и объем дефектных мест (полостей) изменяется. Поступающий в полости водород, не имея возможности выйти обратно при уменьшении объема полости, стремится ее расширить, создавая высокое напряжение. Повторение цикла вызывает накопление усталости материала поверхностного слоя до тех пор, пока внутреннее давление в полостях не вызовет разрушение по всем развившимся и соединившимся трещинам.

Повреждения от ВИРАЗ могут наблюдаться, например, в топливных насосах. Катастрофический износ поверхностей стальных закаленных роторов и сопряженных с ними бронзовых золотников проявляется в виде крупных задигов и микропереноса, т.е. в намазывании микроскопических лепестков стали на поверхность бронзового золотника. К повышенной интенсивности изнашивания поверхностей трения может вести небольшой перекос ротора относительно золотника.

Другим примером повреждения от ВИРАЗ является перенос чугуна на пластмассу в узлах трения чугун – пластмасса, применяемых в тормозных устройствах некоторых машин.

5.3. Абразивное изнашивание

Абразивное изнашивание относится к механическому разрушению трущихся поверхностей в результате режущего или царапающего действия

твердых тел или твердых частиц. При абразивном изнашивании могут иметь место следующие виды разрушения поверхностей трения:

- хрупкое;
- квазихрупкое при микропластической деформации;
- пластическое.

Поверхностное разрушение может происходить при однократном и многократном пластическом деформировании.

Характерным условием абразивного изнашивания является повышенная твердость изнашивающего тела:

- частицы минерального происхождения;
- более твердые шероховатые поверхности;
- наклепанные (упрочненные) металлические частицы износа;
- твердые структурные составляющие материала;
- оксидные пленки.

Влияние химической природы абразива и изнашиваемого материала, а также адгезионного взаимодействия (схватывания при трении) проявляется, например, при обработке материала абразивным инструментом. Твердые частицы (абразивы) имеют различную форму, грани и ориентацию к изнашиваемой поверхности. На изнашивающейся поверхности остаются следы в виде рисок, канавок, царапин как результат микрорезания, снятия стружки и пластического деформирования. Возникновение трения и удара в месте контакта приводит к ударно-абразивному разрушению.

Оценить объем износа V при абразивном изнашивании можно по следующей формуле [5]:

$$V = c \frac{NSa}{H},$$

где c – коэффициент, зависящий от абразивных свойств истирающей поверхности, условий взаимодействия контактирующих тел, кинематики движения и закрепления абразива, остроты ребер абразива; N – нормальная нагрузка; S – путь трения; a – размер абразивного зерна; H – начальная твердость металла.

Износ линейно возрастает с ростом размера зерна только до некоторого его критического значения, затем при увеличении размера зерна не изменяется. В механически наклепанных металлах, если в процессе наклепа не происходит фазовых превращений, относительная износостойкость не зависит от твердости стали после наклепа, так как в процессе самого изнашивания имеет место значительный наклеп. Скорость скольжения мало влияет на износ, если она не приводит к заметному нагреву трущихся поверхностей. Относительная износостойкость зависит от соотношения твердостей абразива H_a и металла H_m . При $H_a < kH_m$ в диапазоне $k = 0,7 \dots 1,0$ износ незначительный (область I), при $H_a > kH_m$ в диапазоне $k = 1,3 \dots 1,7$ относительная износостойкость сталей не зависит от твердости абразива (об-

ласть III). В переходной области II износ металла возрастает с повышением твердости абразива (рис. 5.1).

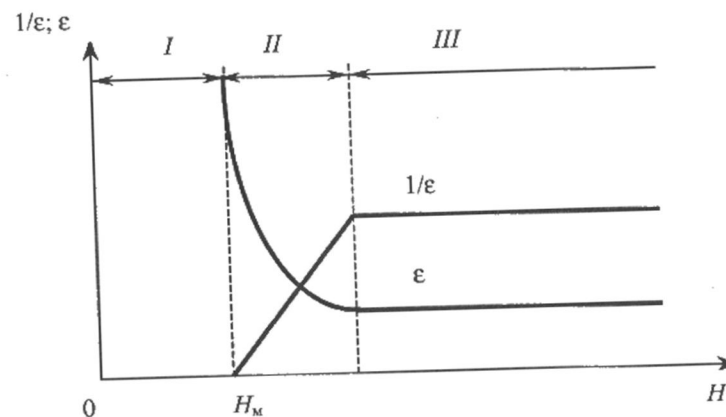


Рис. 5.1. Зависимость относительной износостойкости ϵ и относительного износа $1/\epsilon$ от соотношения твердостей абразива и металла

Абразивное изнашивание наблюдается в сельскохозяйственных, горных, дорожных, строительных, транспортных, металлургических и в других типах машин. Дробление и транспортировка руды, камня и угля, добыча полезных ископаемых, работа с грунтом или почвой, попадание твердых частиц песчаной пыли в смазочный слой между деталями механизмов при механической обработке деталей, находящихся в относительном движении, приводят к удалению материала в виде мелкой стружки, фрагментов материала, дисперсных кусочков.

Абразивному изнашиванию подвержены также лопатки газовых турбин, рабочие колеса и направляющие гидравлических турбин, трубы и насосы земснарядов и другие детали и узлы машин и технологического оборудования, выполненные из различных материалов.

5.4. Гидроабразивное (газоабразивное) изнашивание

Гидроабразивное (газоабразивное) изнашивание представляет собой абразивное изнашивание в результате воздействия твердых тел или твердых частиц, увлекаемых потоком жидкости (газа).

Различают два случая взаимодействия абразивных частиц с материалом.

Прямой удар (угол атаки $\alpha = 90^\circ$). В зависимости от массы частиц, скорости их падения, свойств абразива и физико-механических свойств ма-

териала детали возникают упругая деформация, пластическая деформация, хрупкое разрушение, перенаклеп с отделением материала в виде чешуек.

Косой удар (угол атаки $0 < \alpha < 90^\circ$). При углах атаки не больше угла трения на характер повреждения поверхности сильно влияет касательная составляющая импульса и сопротивление материала взаимодействию касательных сил на поверхность. У резины скорость изнашивания уменьшается при увеличении угла атаки до угла трения, а затем остается постоянной. У других материалов в зависимости от соотношения твердости абразива и материала изнашиваемой поверхности скорость изнашивания может непрерывно возрастать до максимального значения при некотором угле атаки, а затем убывать.

В одних случаях износостойкость резины в несколько раз выше, чем закаленной стали, в других (при нулевом угле атаки) износостойкость резины ниже, чем стали. Это обусловлено фрикционной природой усталостного повреждения поверхности.

Гидроабразивное изнашивание имеет место в различных деталях гидромашин, трубобуров и др. Воздействующими факторами являются абразивные частицы и несущий их поток жидкости. Механическое воздействие твердых частиц может сочетаться с коррозионным и кавитационным разрушением.

Газоабразивное изнашивание происходит в результате воздействия твердых частиц, увлекаемых газовым потоком. Газоабразивное изнашивание характерно для газовых турбин, газодобывающего оборудования, устройств пневмотранспорта. Факторами, влияющими на газоабразивное изнашивание, являются скорость потока абразивных частиц, угол атаки, свойства и концентрация абразива, физико-химические характеристики среды.

5.5. Кавитационное изнашивание

Кавитационное изнашивание относится к механическому изнашиванию при движении твердого тела относительно жидкости, при котором пузырьки газа схлопываются вблизи поверхности, создавая местное высокое ударное давление или высокую температуру.

"Кавитация" дословно означает полость, пустота. Под *кавитацией* понимают явление образования в движущемся по поверхности твердого тела потоке жидкости полостей в виде пузырьков, наполненных парами, воздухом или газами, растворенными в жидкости и выделившимися из нее.

Явление кавитации обусловлено следующим:

- в движущемся с большой скоростью потоке жидкости при его сужении и наличии препятствий на его пути давление падает до давления насыщенных паров;

- происходит разрыв (нарушение сплошности) потока жидкости, зависящей от сопротивления жидкости растягивающим усилиям;

- образовавшаяся пустота заполняется паром и газами, выделившимися из жидкости; при этом воздух, вовлекаемый в поток жидкости, облегчает возникновение кавитации;

- образовавшиеся парогазовые пузырьки размерами порядка десятых долей миллиметра, перемещаясь вместе с потоком жидкости, попадают в зоны высоких давлений;

- в зонах высоких давлений пар конденсируется, газы растворяются и в образовавшиеся пустоты с большим ускорением устремляются частицы жидкости; в результате этого происходит сопровождаемое ударом восстановление сплошности потока жидкости.

Кавитация наблюдается в трубопроводах, в потоках жидкости, обтекающих лопасти центробежных насосов и лопасти гидравлических турбин и гребных винтов. Кавитация вызывает вибрации, стук, сотрясения. Это, в свою очередь, приводит к ослаблению соединений, обрыву болтов, смятию резьбы, фрикционной коррозии стыков, нарушению уплотнений и усталостным повреждениям. Кавитация снижает КПД машин, гребных винтов и вызывает механическое разрушение поверхностей деталей в зоне ее действия. Она способствует закоксуыванию распылителей форсунок двигателей внутреннего сгорания.

Труднообтекаемая форма и неровности, образовавшиеся вследствие кавитационного изнашивания, приводят к образованию вихрей и отставанию струй от стенок рабочих каналов. Это способствует возникновению или усилению кавитации.

Кавитационное изнашивание проявляется в следующем. Под действием ударов поверхность металла начинает деформироваться и подвергаться наклепу; появляются линии сдвига, выявляются границы отдельных зерен. Многократно повторяющиеся удары вызывают разупрочнение и наклеп материала на отдельных микроучастках, сопровождающиеся возникновением очагов разрушения в виде трещин. Разрушается прежде всего менее прочная структурная составляющая (в сталях – феррит, в чугунах – графитовые включения). Затем может последовать выкрашивание и более прочных составляющих. Разрушение развивается в пределах зерен или по их границам в зависимости от прочности зерен и связи между ними.

Агрессивные среды (например, морская вода) способствуют увеличению интенсивности кавитационного изнашивания. Однако решающая роль принадлежит механическим разрушениям. Скорость кавитационного изнашивания может в сотни раз и более превышать скорость коррозионного разрушения поверхностного слоя.

Интенсивность кавитационного изнашивания зависит от температуры, свойств жидкости и материала деталей. Влияние вязкости жидкости на кавитационное изнашивание незначительно. С увеличением поверхностного

натяжения изнашивание происходит более интенсивно. Введение в воду веществ, образующих (масла) и способствующих (эмульгаторы) образованию эмульсий, понижает поверхностное натяжение жидкости и уменьшает кавитационное изнашивание. Наибольшая интенсивность изнашивания наблюдается в воде при температуре 50 °С.

Вибрационная кавитация. При колебании твердого тела относительно жидкости или наоборот давление в жидкости на границе раздела сред может уменьшаться до давления насыщенных паров и вызвать образование кавитационных пузырей. Условия кавитации зависят от внешнего давления на систему и насыщенности жидкости воздухом. Вибрационную кавитацию могут вызвать звуковые колебания, еще в большей степени ультразвуковые колебания. При вибрации возможна кавитация в тонком смазочном слое между поверхностями, приводящая к выкрашиванию материала вкладышей подшипников скольжения, поверхностей зубьев зубчатых колес и т.д.

Вибрационная кавитация может иметь место в двигателях внутреннего сгорания, особенно на наружных поверхностях гильз вследствие их колебаний от ударов поршня. Износ от вибрационной кавитации на наружной поверхности гильзы может быть в 3–4 раза больше, чем износ внутренней поверхности от действия поршневых колец.

5.6. Гидроэрозионное (газоэрозионное) изнашивание

Под **эрозией** понимают процесс поверхностного механического разрушения различных тел под воздействием высокоскоростного потока жидкости или газа.

Эрозионное воздействие высокоскоростного потока жидкости или газа складывается из трения сплошного потока и его ударов о поверхность. В результате трения происходит расшатывание и вымывание отдельных объемов материала. В данном случае интенсивности изнашивания мала. В большей степени поверхности деталей машин и оборудования разрушаются при динамическом воздействии потоков жидкости или газа. В зависимости от свойств материала возможны вырывы отдельных объемов или групп зерен с неблагоприятной ориентацией по отношению к приложенным силам. В пластичных материалах, склонных к наклепу, вначале накапливаются микроскопические деформации на отдельных участках. При истощении материала к упрочнению (наклепу) данные участки вымываются. Жидкость, внедряющаяся при ударах в микротрещины, расклинивает их стенки.

Развитие эрозии на гладкой поверхности в начальный период незначительно, но после появления пораженных мест эрозия усиливается. Это связано с повышением хрупкости поврежденного поверхностного слоя, обусловленного накоплением микротрещин, расклинивающим действием

потока жидкости или газа и усилением ударного воздействия из-за значительного вихреобразования у поверхности.

Разрушению от эрозии часто подвергаются рабочие кромки золотников гидравлических агрегатов. Струи топлива, проникая с большой скоростью во время отсечки в зазор между цилиндрическими поверхностями золотника и втулки, разрушают металл у рабочей кромки. Это случай **щелевой эрозии**. Этому виду эрозии также подвержены клапаны запорных и регулирующих устройств гидравлических и паровых систем. Часто эрозионное изнашивание начинается с микропаров, возникающих при схватывании поверхностей трения.

В большинстве случаев эрозия протекает совместно с коррозией. Коррозионно-эрозионное изнашивание представляет собой разновидность коррозионно-механического изнашивания. Газовая коррозия и эрозия действуют совместно, например, в выпускных клапанах высоконапряженных деталей двигателей внутреннего сгорания и на входных кромках лопаток компрессора газотурбинных двигателей.

Также может происходить кавитационно-эрозионное разрушение поверхности. Данному виду разрушения подвергается, например, плоская поверхность золотника плунжерного насоса высокого давления.

5.7. Усталостное изнашивание

Усталостное изнашивание – это механическое изнашивание в результате усталостного разрушения при повторном деформировании микроразъемов материала поверхностного слоя, вызывающего возникновение трещин и отделение частиц материала.

Циклически изменяющиеся контактные напряжения вызывают поверхностное разрушение в виде трещин, выкрашивания и отслаивания (см. табл. 5.2).

Незначительные трещины зарождаются в области максимальных касательных напряжений на некоторой глубине под поверхностью и распространяются к поверхности. Трещины могут зародиться также на поверхности и распространяться в глубь материала.

Выкрашивание характеризуется образованием ямок на поверхности трения в результате отделения частиц материала при усталостном изнашивании.

Образующиеся раковинки (ямки) с диаметром от сотых долей миллиметра до нескольких миллиметров увеличиваются в процессе работы узла трения машин и технологического оборудования, возникает шелушение поверхности трения (отслаивание). Количественная оценка контактной усталости выражается в числе циклов N перемещения напряжения или в часах работы до возникновения усталостных разрушений поверхностей.

Экспериментально установлено, что число циклов перемен напряжений, вызывающих усталостное разрушение металлов, связано со средним контактным напряжением σ_n выражением

$$N \sim 1/F_n^3 \sim 1/\sigma_n^9,$$

где F_n – нормальная нагрузка на поверхность трения.

Из приведенного выражения видно, что незначительное увеличение контактного напряжения ведет к заметному снижению усталостной долговечности (числа циклов N).

Усталостное изнашивание ведет к усилению виброакустической активности, повышению уровня шума машин и технологического оборудования.

Наличие поверхностных и подповерхностных концентраторов напряжений ускоряет образование микротрещин, а следовательно, способствует увеличению интенсивности усталостного изнашивания. К поверхностным концентраторам напряжений относятся дефекты в виде царапин, вмятин, рисок от механической обработки, прижогов т.д. К подповерхностным концентраторам напряжений относятся неметаллические включения, микропоры, раковины, карбиды и т.д. Первичные трещины чаще зарождаются на поверхности контакта, но могут зарождаться и в приповерхностных слоях материала деталей узла трения.

Скорость развития усталостного изнашивания определяют следующие факторы:

- механические свойства материала;
- физико-механические свойства поверхности;
- качество обработки поверхности;
- остаточные напряжения в приповерхностных и поверхностных слоях материала;
- концентрация напряжений;
- частота изменения напряжений;
- уровень температуры;
- химическая активность окружающей среды и т.д.

В некоторых условиях эксплуатации развиваются глубинные усталостные трещины, вызывающие отслаивание. Трещины возникают под упругим поверхностным слоем при некачественно выполненной химико-термической обработке, когда внутренние напряжения не сняты отпускком или когда под твердым поверхностным слоем недостаточно прочная сердцевина. В результате образования глубинных трещин определяются крупные частицы поверхностного слоя материала, уменьшается площадь контактирующих поверхностей, увеличивается интенсивность дальнейшего изнашивания.

Усталостное разрушение поверхностных слоев в виде выкрашивания возникает в узлах трения при хорошей смазке сравнительно быстроходных механизмов. Усталостное разрушение в виде выкрашивания и отслаивания имеет место в зубчатых передачах, подшипниках качения и скольжения, кулачковых механизмах, фрикционных передачах и т.д.

5.8. Изнашивание при фреттинге

Изнашивание при фреттинге – это механическое изнашивание соприкасающихся тел при колебательном относительном микросмещении.

Для возбуждения данного вида изнашивания достаточно относительные перемещения поверхностей с амплитудой 0,025 мкм.

Изнашивание при фреттинге возникает в заклепочных, болтовых, шлицевых, шпоночных и штифтовых соединениях, посадках деталей с натягом, стальных канатах, шарнирах, муфтах, рессорах, клапанах, регуляторах электрических контактов, кулачковых механизмах, несущих системах вертолетов и самолетов, деталях газотурбинных двигателей.

Необходимые для протекания процесса изнашивания относительные микросмещения сопряженных поверхностей совершаются вследствие деформаций деталей под нагрузкой и вибраций, сопровождающих работу машин и оборудования. Вследствие малой амплитуды микросмещений соприкасающихся поверхностей повреждения сосредотачиваются не на больших площадках действительного контакта. Разрушение сопряженных поверхностей проявляется в появлении мелких каверн (полостей), в которых скапливаются продукты износа. Продукты износа образуются вследствие разрушения узлов схватывания и усталостного повреждения микронеровностей. Мелкие каверны постепенно растут и сливаются в одну большую каверну. Продукты износа, накапливающиеся в кавернах, создают в них повышенное давление, которое, в свою очередь, приводит к образованию микротрещин. Некоторые микротрещины сливаются, и происходит откалывание отдельных объемов металла. Одновременно в подповерхностных слоях накапливаются усталостные повреждения.

Повреждения поверхностей вследствие изнашивания при фреттинге служат концентраторами напряжений и снижают предел выносливости материала деталей. В случае удаления продуктов износа из зоны трения происходит ослабление посадок с натягом, увеличение вибрации.

Скорость изнашивания при фреттинге увеличивается с увеличением амплитуды микросмещений до некоторого предельного значения (около 2,5 мм). Повышение частоты микросмещений также ускоряет скорость изнашивания, но, начиная с некоторой частоты, скорость изнашивания снижается.

Интенсивность изнашивания возрастает при работе деталей в агрессивных средах. В данном случае повреждения сопряженных поверхностей происходит вследствие изнашивания при фреттинг-коррозии.

Изнашивание при фреттинг-коррозии представляет собой коррозионно-механическое изнашивание соприкасающихся тел при малых колебательных относительных перемещениях.

На поверхностях контактирующих деталей появляются защитные окисные пленки, которые вследствие микросмещений сопряженных поверхностей разрушаются, обнажается чистый металл. Происходит отделение частиц металла (как при фреттинге), которые затем окисляются. Поэтому продуктами изнашивания при фреттинг-коррозии, как правило, являются оксиды. Оксиды оказывают абразивное действие, которое зависит от твердости оксидов и размеров их частиц в продуктах изнашивания.

5.9. Изнашивание при заедании

Изнашивание при заедании – это наиболее опасное разрушение трущихся поверхностей, возникающее в результате схватывания, глубокого вырывания материала, переноса материала с одной поверхности трения на другую и воздействия возникающих неровностей на сопряженную поверхность.

Заедание проявляется в виде глубоких борозд, вырывов, наростов, рисок, оплавлений, намазывания одного материала на другой. Заедание может завершаться прекращением относительного движения. Изнашивание при заедании может иметь лавинный, катастрофический характер и приводить к потере работоспособности узлов трения машин и оборудования.

Заедание имеет место в тяжело нагруженных зубчатых передачах, червячных передачах, кулачковых механизмах, шарнирных соединениях в подшипниковых опорах, в цилиндро-поршневых парах, золотниковых устройствах, в направляющих станков, в стационарных контактах при наличии вибрации.

Возникновение и развитие изнашивания при заедании определяются:

- напряженно-деформированным состоянием контактирующих поверхностей;
- кинематикой движения (качение, скольжение, качение со скольжением);
- температурой в зоне контакта;
- физико-механическими и химическими свойствами материалов контактирующих деталей;
- характеристиками смазочных материалов, количеством и качеством присадок к маслам;
- шероховатостью контактирующих поверхностей и т.д.

Обязательным условием возникновения изнашивания при заедании является разрушение смазочного слоя между трущимися поверхностями и взаимодействие физически чистых контактирующих поверхностей на молекулярном уровне. Потеря защитной способности смазочного слоя проис-

ходит при повышенных температурах в зоне контакта. Заедание возможно также при срабатывании смазочного материала и при недостаточном его дополнительном поступлении в зону контакта. Заеданию предшествует процесс разрушения окисных слоев и абсорбированных пленок.

В тихих механизмах и стационарных контактах может развиваться процесс "холодного" заедания, на который влияет степень дискретности контакта, износостойкость защитных слоев, пластичность контакта и склонность к образованию адгезионных связей (схватывания).

При невысоких температурах в зоне контакта, механическом упрочнении узлов схватывания и повышенной прочности по сравнению с прочностью исходного материала разрушение поверхности происходит в менее прочном материале и проявляется в виде задира. С увеличением температуры в зоне контакта происходит размягчение материала, частичное удаление поверхностных пленок, рост фактической площади контакта и повышение склонности поверхностей к заеданию.

В момент возникновения заедания, как правило, резко увеличивается коэффициент трения скольжения в тихоходных и среднескоростных механизмах, повышается температура в зоне контакта, в механизмах развиваются динамические процессы, повышается виброактивность механизмов за счет фазовой модуляции вибросигнала (см. параграф 6.4)

5.10. Окислительное изнашивание

Окислительное изнашивание – это коррозионно-механическое изнашивание, при котором преобладает химическая реакция материала с кислородом или окисляющей окружающей средой.

Коррозией называют разрушение металлов вследствие химического или электрохимического взаимодействия их с коррозионной средой.

Явление коррозии металлов заключается в том, что в его поверхностных слоях протекает многофазная химическая или электрохимическая реакция окисления, в результате которой металл (Me) переходит в оксидное (ионное) состояние. Химическую реакцию окисления можно представить в виде



Реакция (5.1) будет находиться в состоянии химического равновесия, если молекулярное (парциальное) давление кислорода (p_{O_2}) и давление диссоциации кислорода (p_{MeO}) будут равны. Если $p_{\text{O}_2} > p_{\text{MeO}}$, то реакция (5.1) происходит в направлении образования оксида. В противном случае реакция будет протекать в обратном направлении, т.е. оксид будет подвержен диссоциации и разложению на металл и кислород. Данный анализ позволяет определить, в каких условиях процесс коррозии термодинамически вероятен, а в каких нет.

Характерной чертой процесса химической коррозии является образование продуктов коррозии, прилегающих к поверхности металла. Продукты коррозии образуют пленки, нарастание которых зависит от возможности проникновения через них элементов, вызывающих коррозию. Одним из основных факторов, характеризующих способность оксидной пленки к торможению дальнейшего процесса окисления металла, является ее плотность.

Механизм процесса коррозии зависит от направления диффузии:

- если существует диффузия ионов металла через оксидную пленку, то зона нарастания пленки будет располагаться на внешней поверхности;
- диффузия кислорода через оксидную пленку приводит к тому, что зона нарастания пленки будет располагаться между металлом и оксидной пленкой;
- при сравнимых диффузиях металла и кислорода зона нарастания будет располагаться внутри пленки.

Процесс электрохимической коррозии состоит из анодного (переход металла в раствор в виде свободных ионов с одновременным образованием равновесного количества электронов) и катодного (ассимиляция накапливающихся свободных электронов каким-либо деполаризатором, например, молекулами кислорода, ионами водорода и т.п.) процессов. Данные процессы сопровождается электрический ток, обусловленный электронами во внешнем контуре и ионами в электролите. Мерой интенсивности электрохимической коррозии служит ток коррозии, пропорциональный разности потенциалов на электродах:

$$I = (U_k - U_a)/R,$$

где I – ток коррозии; U_k , U_a – потенциалы катода и анода; R – активное сопротивление системы.

В реальных системах причиной, вызывающей образование двухэлектродных систем, является неоднородность в структуре металла, так как в технике практически не применяются чистые металлы. В зависимости от потенциала основного металла и примеси будут образовываться соответствующие анодные и катодные точки:

- металл с более отрицательным потенциалом образует анод и подвергается коррозии;
- металл с более положительным потенциалом образует катод и не подвергается окислению, но в данном случае может наблюдаться водородная хрупкость из-за диффузии выделяющегося атомарного водорода.

Развитию коррозионных процессов способствует расклинивающее действие среды (влаги) вследствие абсорбции. Это явление оказывает решающее влияние на процесс коррозии в неэлектролитах, а в электролитах оба явления могут наблюдаться одновременно.

Коррозионно-механическое изнашивание возникает при трении материалов, вступающих в химическое или электрохимическое взаимодействие с окружающей средой. Интенсивность коррозионно-механического изнашивания зависит от природы контактирующих материалов, их коррозионной стойкости, состава и свойств окружающей среды.

От соотношения скоростей разрушения и восстановления оксидных пленок зависят интенсивность и механизм поверхностного разрушения. При высоких скоростях разрушения оксидных пленок образуются физически чистые поверхности, имеющие склонность к схватыванию и быстрому разрушению.

Ускоряет процесс коррозионно-механического изнашивания водород, выделяющийся из металлов трущихся тел, смазочных материалов, топлива, паров воды, пластмасс и окружающей среды. При этом происходит охрупчивание материалов деталей и образование мелкодисперсного порошка. Большие градиенты напряжений и температур в приповерхностных слоях металла при трении способствуют повышенной концентрации водорода в зоне трения, зарождению и развитию микротрещин.

Окислительному изнашиванию могут подвергаться подшипники двигателей внутреннего сгорания вследствие воздействия продуктов окисления, образующихся при разложении смазочных материалов и при сгорании топлива.

Окисление металлических поверхностей может играть важную роль в ускорении химических изменений смазки, которые часто приводят к образованию пленки полимеризованного материала на металлических поверхностях. Эти пленки могут приводить к отрицательным явлениям, например, вызывать пригорание поршневых колец в двигателях внутреннего сгорания.

Коррозионно-механическому изнашиванию особенно подвержено оборудование нефтехимической, пищевой, горно-металлургической и др. перерабатывающей отраслей промышленности.

6. ВИБРОАКУСТИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ

6.1. Назначение и сущность виброакустической диагностики

Виброакустическая диагностика (ВАД) – это один из методов неразрушающего контроля, назначением которого является оценка степени отклонения ТС объекта от нормы по косвенным признакам, т.е. по изменению виброакустических процессов, возникающих в объекте и зависящих от характера взаимодействия его деталей и узлов.

Сущность ВАД состоит в разработке и реализации алгоритмов оценки технического состояния объекта без его разборки по характеристикам виброакустического процесса, сопровождающего его работу.

Объектами виброакустического диагностирования могут быть любые технические системы, работа которых сопровождается возбуждением колебаний. ВАД имеет особое значение на всех этапах жизненного цикла машин и оборудования: от разработки и изготовления до снятия с эксплуатации, но методы и средства диагностирования, применяемые на этих этапах, существенным образом различаются (рис. 6.1).

С точки зрения оценки машин и оборудования наибольший интерес представляет этап эксплуатации, а именно оценка фактического ТС и прогнозирование остаточного ресурса.

В процессе эксплуатации машин и оборудования основными задачами ВАД являются:

- текущая оценка ТС объекта;
- определение трендов основных параметров объекта;
- прогнозирование поведения отдельных узлов и объекта в целом.

Возможны два подхода реализации контроля ТС по виброакустическим характеристикам.

Первый подход заключается в организации постоянного контроля изменений (тренда) параметров, характеризующих ТС в зависимости от наработки объекта; установлении времени, когда скорость ухудшения ТС достигнет критического значения (рис. 6.2).

Трендовая характеристика позволяет:

- прогнозировать момент наступления катастрофических изменений ТС объекта;
- прогнозировать остаточный ресурс;
- планировать время физически обоснованного ремонта.

Данный подход рекомендуется для контроля ТС:

- дорогостоящих и уникальных объектов;
- объектов, нарушение работоспособности которых может привести к катастрофическим последствиям.



Рис. 6.1. Области применения ВАД на этапах жизненного цикла машин и оборудования

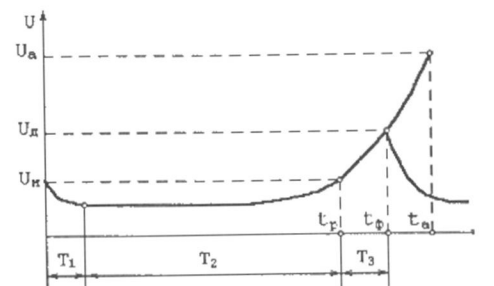


Рис. 6.2. Изменение контролируемого параметра ТС объекта (трендовая характеристика):

T_1 – период приработки, T_2 – период нормального функционирования, T_3 – период зарождения и развития дефектов, t_p – время назначенного ресурса (ремонта), t_ϕ – время ремонта по фактическому ТС, t_a – время наступления аварии, U_a – аварийный уровень контролируемого параметра, U_d – допустимый уровень, U_n – нормальный уровень

Второй подход (контрольная проверка) основан на эпизодическом контроле параметров ТС и сравнении их с пороговыми (допустимыми) значениями. Метод контрольной проверки целесообразно использовать для оценки ТС однотипных объектов.

6.2. Структура системы вибракустического диагностирования

Большой объем вычислений, связанный с обработкой текущей информации, формированием эталонных диагностических признаков, формированием пороговых значений и формированием правил распознавания ТС, требует построения многоцелевой системы диагностирования на базе вычислительной техники в модульном исполнении (рис. 6.3). Основными элементами ее являются:

- объект диагностирования с набором классов ТС, подлежащих распознаванию;
- блок управления;
- блок формирования диагностических признаков;
- блок формирования эталонов;
- блок принятия решений.

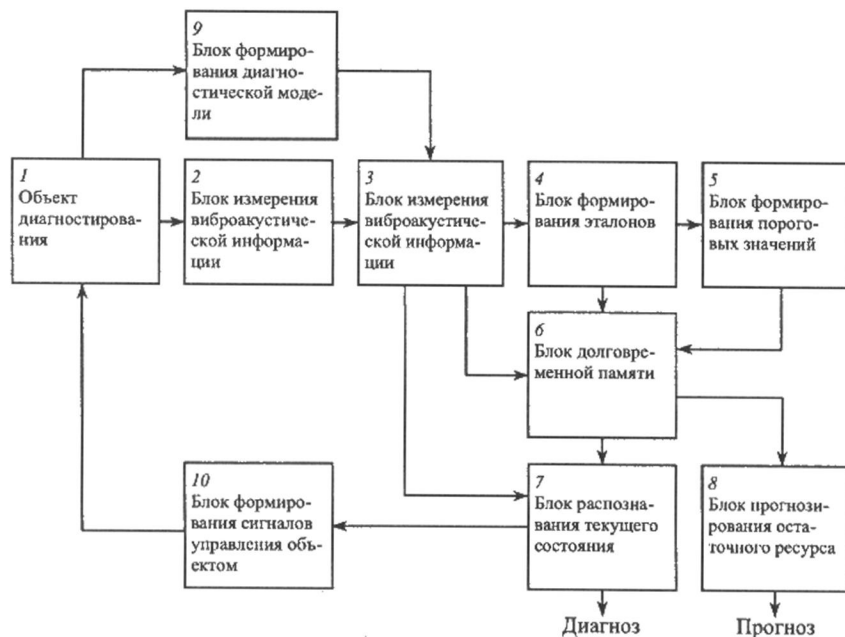


Рис. 6.3. Структурная схема вибракустического диагностирования

Блок измерения 2 поставляет информацию о ТС объекта, содержащуюся в вибракустическом сигнале. Он содержит:

- датчики, преобразующие механическую энергию колебаний объекта в электрический сигнал;
- усилитель;
- фильтры;
- регистраторы, предназначенные для долговременного хранения информации с целью последующей оценки тенденции изменения ТС.

Блок 3 формирования диагностических признаков технических состояний предназначен для преобразования исходной информации в соответствии с алгоритмами диагностирования, разработанными на этапе обучения системы.

Для формирования диагностических признаков иногда используют операцию моделирования, облегчающую процесс поиска информативных компонент вибракустического сигнала (блок 9).

В процессе обучения для каждого класса распознаваемых ТС формируются эталоны (блок 4) – определенным образом усредненные внутри класса значения диагностических признаков, а также пороговые значения диагностических признаков (блок 5), соответствующие предельным значениям диагностируемых параметров ТС.

На основании сравнения текущих (блок 3) и эталонных (блок 4) диагностических признаков, хранящихся в блоке 6 долговременной памяти, осуществляется операция принятия решения (блок 7) о принадлежности к тому или иному классу ТС, т.е. ставится диагноз, на основании которого осуществляется управление объектом диагностирования (блок 10).

Анализ трендовых характеристик параметров ТС позволяет осуществлять прогнозирование остаточного ресурса (блок 8).

Процедура диагностирования состоит из следующих взаимосвязанных этапов:

- обучения системы диагностирования;
- распознавания.

На этапе обучения анализируют свойства вибракустических процессов при нормальном ТС объекта и при наличии дефектов; составляется словарь информативных признаков неисправностей, подлежащих диагностированию. Выбирают вид классифицирующих функций и устанавливают решающие правила распознавания ТС. Для этого в признаковом пространстве формируют области, соответствующие нескольким градациям параметров ТС:

- норма;
- предельно допустимое значение;
- предаварийная ситуация;
- поломка.

Таким образом разрабатывают алгоритм диагностирования.

На этапе распознавания решают обратную задачу: на основе разработанных алгоритмов текущим характеристикам виброакустического сигнала ставят в соответствие текущее ТС, т.е. проводят диагностирование.

6.3. Возбуждение колебаний в механических системах

Принцип классификации механических систем основан на том, что различные системы (линейные и нелинейные) по разному ведут себя при силовом возбуждении вибрации.

Силовое возбуждение вибрации – возбуждение вибрации системы вынуждающими силами и (или) моментами.

Вынуждающая сила (момент) – переменная во времени внешняя сила (момент), не зависящая от состояния системы и поддерживающая ее вибрацию.

Линейная система – это механическая колебательная система, колебания которой описываются линейными дифференциальными уравнениями и граничными условиями:

$$m\ddot{x} + k\dot{x} + cx = F(t), \quad (6.1)$$

где $F(t)$ – воздействие на систему (вынуждающая сила); m – масса системы; \ddot{x} – виброускорение; $m\ddot{x}$ – сила инерции; \dot{x} – виброскорость; x – виброперемещение; c – коэффициент жесткости; k – коэффициент сопротивления, $k\dot{x}$ – диссипативная составляющая (диссипативная сила) динамической характеристики $F(x, \dot{x})$ упруго-диссипативного элемента; cx – упругая составляющая динамической характеристики (восстанавливающая сила).

Диссипативная сила (момент) – сила (момент), возникающая при движении механической системы и вызывающая рассеивание механической энергии.

Характеристика диссипативной силы (момента) – зависимость диссипативной силы (момента) от соответствующей обобщенной скорости.

Восстанавливающая сила (момент) – сила (момент), возникающая при отклонении системы от состояния равновесия и направленная противоположно этому отклонению.

Характеристика восстанавливающей силы (момента) – зависимость восстанавливающей силы (момента) от соответствующей обобщенной координаты, отсчитываемой от положения равновесия.

Линейная характеристика восстанавливающей силы (момента) – это характеристика восстанавливающей силы (момента), при которой коэффициент жесткости не зависит от обобщенной координаты (виброперемещения).

В линейных механических системах характеристики диссипативной и восстанавливающей сил (моментов) являются линейными.

Колебания (вибрация) роторных механизмов преимущественно носят гармонический характер.

Роторный механизм – это механизм циклического действия, в котором характер взаимодействия его элементов подчинен периодическому закону, связанному с вращательными движениями. К роторным механизмам относятся редукторы, вентиляторы, электродвигатели, турбины и т.д.

Гармонические колебания (вибрация) – колебания (вибрация), при которых значения колеблющейся величины (характеризующей вибрацию) изменяются во времени по закону

$$x = A \sin(\omega t + \varphi), \quad (6.2)$$

где t – время; A , ω , φ – постоянные параметры (A – амплитуда; $(\omega t + \varphi)$ – фаза; φ – начальная фаза; ω – угловая частота).

Гармоническое воздействие с частотой ω вызывает реакцию линейной системы на той же частоте, а результат взаимодействия нескольких воздействий является суперпозицией откликов на каждое из них (рис. 6.4).



Рис. 6.4. Возбуждение колебаний линейной системы: $F(\omega)$ – спектр входного воздействия; $x(\omega)$ – отклик системы

Большинство дефектов узлов роторных механизмов вызывает изменение параметров системы во времени, приводящее к параметрическим колебаниям (вибрации).

Параметрические колебания (вибрация) – колебания (вибрация) системы, вызванные и поддерживаемые параметрическим возбуждением.

Параметрическое возбуждение колебаний (вибрации) – возбуждение колебаний (вибрации) системы не зависящим от состояния системы изменением во времени одного или нескольких ее параметров (массы, момента инерции, коэффициента жесткости, коэффициента сопротивления).

Поведение линейной параметрической системы описывается уравнением

$$m\ddot{x} + k(t)\dot{x} + c(t)x = F(t). \quad (6.3)$$

Зависимость коэффициентов сопротивления k и жесткости c в уравнении (6.3) от времени приводит к различным физическим явлениям:

- изменению коэффициента жесткости, связанного в основном с изменением амплитудной модуляции виброакустического сигнала;
- зависимость от времени коэффициента сопротивления приводит к частотной модуляции виброакустического сигнала.

Но в том и другом случае развитие дефекта вызывает тренд глубины модуляции, т.е. увеличение амплитуд комбинационных частот со временем наработки, и не сказывается на амплитудах полигармонического ряда основных частот возбуждения дефектного узла.

При изменении передаточной функции по любому сложному, но периодическому закону с основной частотой Ω гармоническое входное воздействие с частотой ω , образует на выходе линейной параметрической системы спектр, содержащий частоты $\omega_i \pm k\Omega$, где $k = 0, 1, 2, \dots$ (рис. 6.5).



Рис. 6.5. Параметрическое возбуждение колебаний

Примером механизмов, в которых возбуждаются параметрические колебания (вибрация), являются зубчатые передачи. В них жесткость зацепления изменяется во времени с зубцовой частотой

$$\omega_z = \omega_1 z_1 = \omega_2 z_2,$$

где ω_1, ω_2 – угловые частоты, соответственно, вала шестерни и колеса; z_1, z_2 – числа зубьев, соответственно, вала шестерни и колеса.

Изменение жесткости зацепления зубчатых передач вызывает колебания (вибрацию) на частотах

$$\omega_z \pm l\omega_1 \pm k\omega_2; \text{ где } l, k = 1, 2, \dots, n.$$

Основное отличие линейной системы от нелинейной состоит в том, что в нелинейной системе имеет место взаимодействие между отдельными компонентами входного спектра, а на выходе возникают частоты вида

$$n\omega_1 \pm m\omega_2.$$

Характерной особенностью нелинейной системы является наличие нелинейной функциональной связи между входным воздействием $F(t)$ и реакцией на выходе $x(t)$:

$$x(t) = f[F(t), t].$$

В механических системах нелинейность обычно проявляется в динамической характеристике $F(x, \dot{x})$ упруго-диссипативного элемента, которую можно представить в виде

$$F(x, \dot{x}) = F_y(x) + F_d(\dot{x}),$$

где $F_y(x) = c(x) \cdot x$ – упругая составляющая; $F_d(\dot{x}) = k(\dot{x}) \cdot \dot{x}$ – диссипативная составляющая.

Также в нелинейных системах возникают суб- и супергармонические колебания (вибрация).

Субгармонические колебания (вибрация) – вынужденные колебания (вибрация) нелинейной системы, частоты которых в целое число раз меньше частоты гармонического возбуждения.

Супергармонические колебания (вибрация) – гармонические составляющие вынужденных колебаний (вибрации) нелинейной системы, частоты которых кратны частоте гармонического возбуждения.

Свойства нелинейных систем проявляются в объектах с неисправностями, близкими к критическим, когда дальнейшее ухудшение ТС приводит не к росту амплитуд спектральных составляющих, а к появлению новых составляющих, перераспределению энергии между ними и даже к уменьшению колебательной энергии.

При подаче на вход нелинейной системы гармонического воздействия с частотой ω отклик системы наблюдается не только на частоте воздействия, но и на кратных гармониках (рис. 6.6).



Рис. 6.6. Прохождение гармонического воздействия через нелинейную систему:

- 0 – гармоническое колебание;
- 1 – субгармонические колебания;
- 2 – супергармонические колебания

Частоты спектральных компонент отклика на выходе нелинейной системы можно записать выражением вида:

$$\omega = |n_1\omega_1 + n_2\omega_2 + \dots + n_m\omega_m + \dots|,$$

где n_m – любые целые числа, положительные и отрицательные, включая ноль.

6.4. Представление виброакустического сигнала

Виброакустический сигнал может быть представлен во временной и частотной областях. Между временной функцией сигнала $x(t)$ и ее отображением в частотной области $x(\omega)$ существуют математические зависимости

$$x(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} x(\omega) e^{i\omega t} d\omega \text{ и } x(\omega) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} x(t) e^{-i\omega t} d\omega,$$

называемые прямым и обратным преобразованиями Фурье. Функция $x(\omega)$ называется комплексным спектром или спектральной функцией.

Физический смысл преобразования Фурье состоит в том, что если известна реализация процесса $x(t)$ во временной области (наблюдается на экране осциллографа), то с помощью преобразования Фурье можно подсчитать вклад этой функции в колебания на частоте $f_i = \omega_i/2\pi$, перейдя к распределению амплитуд $x(\omega)$ в частотной области (рис. 6.7).

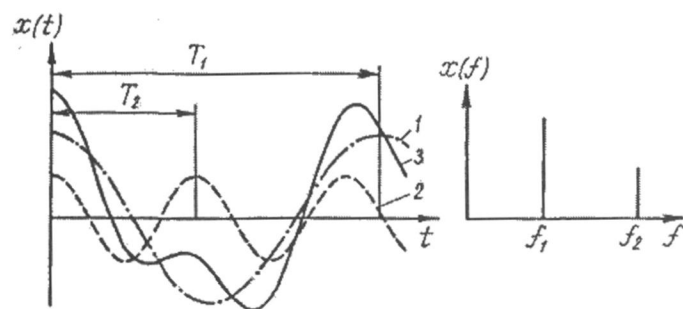


Рис. 6.7. Представление периодических сигналов: а – временное; б – частотное; 1 – первый гармонический сигнал; 2 – второй гармонический сигнал; 3 – суммарный сигнал

Как известно, круговая частота ω_i и период колебаний T_i связаны соотношением

$$\omega_i = 2\pi/T_i.$$

Частотную реализацию виброакустического процесса осуществляют с помощью прибора, называемого анализатором спектра.

Периодическая вибрация обычно рассматривается как колебательное движение объекта диагностирования относительно положения равновесия (рис. 6.8) и для ее описания достаточно двух параметров:

- периода осцилляции T (или частоты колебаний $f = 1/T$);
- амплитуды колебаний A .

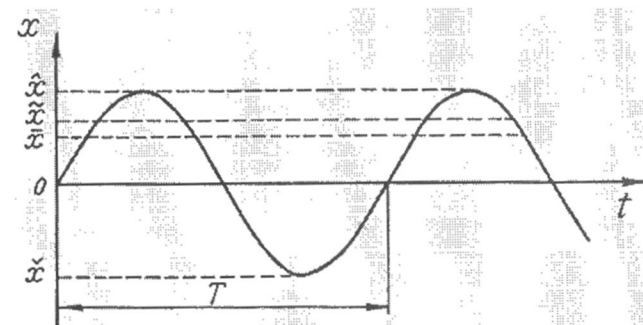


Рис. 6.8. Параметры гармонического сигнала

В практике вибродиагностики в качестве информативных параметров наиболее часто используют:

- пиковое верхнее (нижнее) значение амплитуды \hat{x} (\check{x}), характеризующее максимальный размах колебаний относительно положения равновесия;
- среднее абсолютное значение

$$\bar{x} = \frac{1}{T} \int_0^T |x(t)| dt;$$

- среднее квадратическое значение

$$\tilde{x} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T x^2(t) dt}.$$

Основным преимуществом измерения средних квадратических значений ВАС является независимость этих значений от сдвигов фаз между отдельными составляющими спектров измеряемой вибрации.

6.5. Выделение диагностической информации

Структура спектра виброакустического сигнала (ВАС) даже простейшего узла роторного механизма достаточно сложна. Структура ВАС во временном представлении также не менее сложна. Возникает вопрос:

- какой форме представления колебательного процесса (во временной или частотной областях) следует отдать предпочтение;
- какому виду обработки следует подвергнуть этот процесс, чтобы извлечь из него диагностическую информацию.

Однозначного ответа на эти вопросы не существует. Необходимо привязка к виду дефекта и характеру его проявления в ВАС.

Необходимо отметить, что представление ВАС в частотной области с помощью разложения в ряд Фурье далеко не всегда является оптимальным. Разительный контраст между простотой формы временного сигнала и сложностью его спектрального представления виден на примере колебаний узла механизма в нелинейном режиме.

Диагностический анализ виброакустического процесса начинается с визуального просмотра осциллограммы временного сигнала и предварительной оценки характера процесса и способов его последующей обработки.

В качестве примера рассмотрим временные реализации ВАС (рис. 6.9).

Для извлечения диагностической информации из детерминированного сигнала (рис. 6.9, а) достаточно измерить его период T (частоту $f = 1/T$) и амплитуду.

Если диагностическая информация содержится в периодическом сигнале, измеренном на фоне шумовой помехи (рис. 6.9, б), необходимо предварительно отфильтровать сигнал, пропустив его через узкополосный фильтр, настроенный на частоту выделяемой периодической компоненты.

Оценку свойств случайного узкополосного (рис. 6.9, в) и широкополосного (рис. 6.9, г) процессов можно осуществить, измеряя, например, среднее квадратичное значение \tilde{x} сигнала или спектр мощности процесса.

Фильтрация

Характер взаимодействия процессов (в том числе полезного сигнала и помехи) может быть:

- аддитивным;
- мультипликативным.

При аддитивном взаимодействии низкочастотного и высокочастотного сигналов временная реализация имеет вид, изображенный на рис. 6.10. В данном случае обычной линейной фильтрацией можно разделить эти сигналы.

Для выделения полезного сигнала используют разнообразные фильтры (рис. 6.11): фильтры нижних частот (ФНЧ), фильтры верхних частот (ФВЧ), фильтр с подавлением в полосе (ФПП), полосовые фильтры (ПФ) с постоянной абсолютной $\Delta f = \text{const}$ и с постоянной относительной $\Delta f/f_0 = \text{const}$ полосой анализа. Различают следующие фильтры с постоянной относительной полосой анализа:

- октавные ($f_2/f_1 = 2$);
- полуоктавные ($f_2/f_1 = \sqrt{2}$);
- третьоктавные ($f_2/f_1 = \sqrt[3]{2}$).

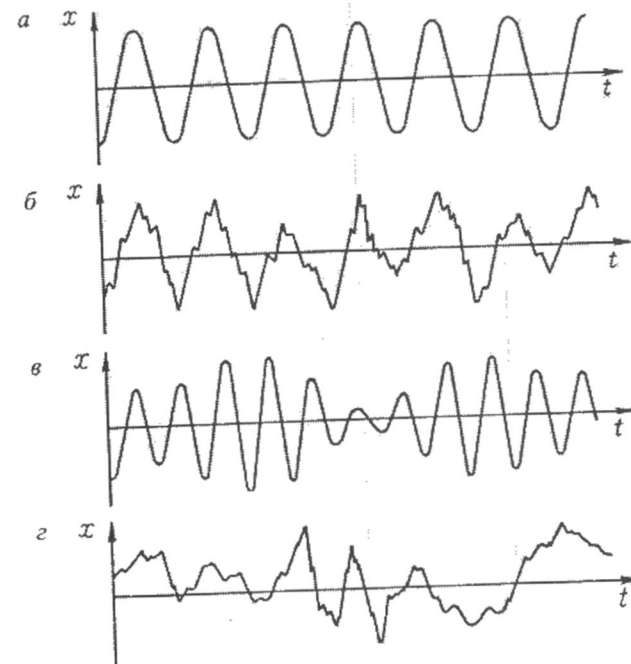


Рис. 6.9. Виброакустические сигналы:
а – гармонический процесс;
б – сумма гармонического процесса и случайного шума;
в, г – узкополосный и широкополосный случайные процессы

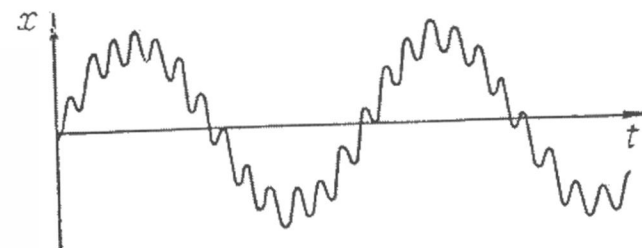


Рис. 6.10. Временная реализация при аддитивном взаимодействии сигналов

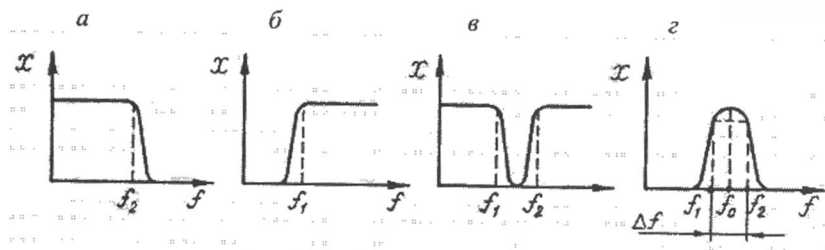


Рис. 6.11. Характеристики фильтров:
а – ФНЧ, б – ФВЧ, в – ФПФ, г – ПФ, f_2 – верхняя граничная частота, f_1 – нижняя граничная частота, f_0 и Δf – средняя частота и ширина полосы полосового фильтра

В более сложном случае, чем случай, представленный на рис. 6.10, операция разделения компонент осуществляется с помощью спектрального анализа, физический смысл которого как раз и заключается в разделении частотных составляющих сигнала. Спектральный анализ проводится с помощью анализаторов спектра с набором аналоговых полосовых фильтров (рис. 6.12).

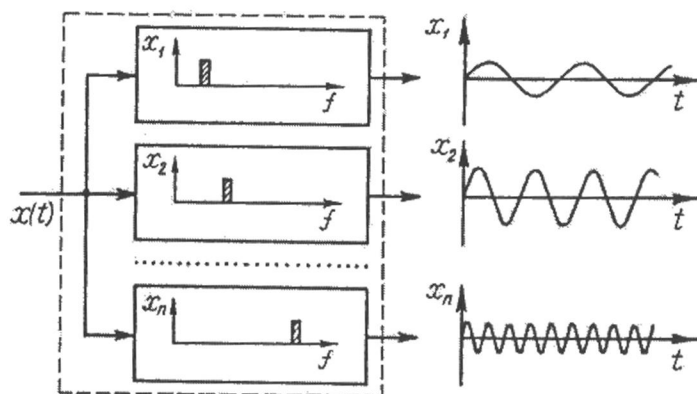


Рис. 6.12. Разложение компонент временного процесса с помощью спектрального анализа

Выделение огибающей (детектирование)

Значительно сложнее выделить из анализируемого сигнала его информативную часть при мультипликативном характере взаимодействия помехи и полезной составляющей этого сигнала.

Как правило, обработку таких сигналов проводят исходя из представления, что при мультипликативном взаимодействии сигналов имеет место

один из видов модуляции: амплитудная (АМ), частотная (ЧМ), фазовая (ФМ), которые вызваны изменением во времени, соответственно, амплитуды A , частоты ω и начальной фазы φ несущего колебания (см. формулу (6.2)), например колебания на зубцовой частоте f_z .

Амплитудно-модулированный гармонический сигнал записывается в виде

$$x(t) = A(t) \sin(\omega t + \varphi), \quad (6.4)$$

как видно из формулы (6.4), амплитудно-модулированный гармонический сигнал представляет собой произведение огибающей $A(t)$ и колебания на несущей частоте ω . При амплитудной модуляции связь между огибающей $A(t)$ и модулирующим колебанием $x_m(t)$ определяется следующим образом:

$$A(t) = A[1 + Mx_m(t)],$$

где A – амплитуда несущего колебания; M – коэффициент амплитудной модуляции, зависящий от глубины развития дефекта.

Временная реализация амплитудно-модулированных колебаний при мультипликативном взаимодействии сигналов показана на рис. 6.13.

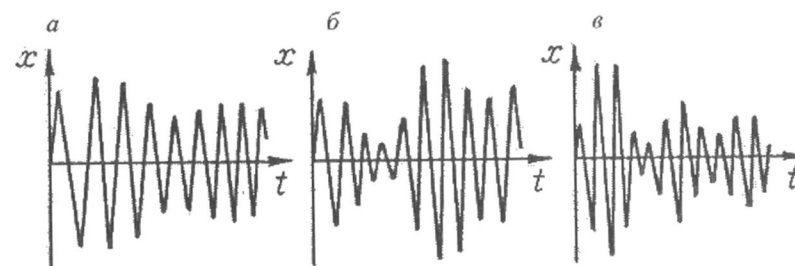


Рис. 6.13. Временная реализация амплитудно-модулированных колебаний при мультипликативном взаимодействии сигналов:

а – при малой глубине модуляции; б – при большой глубине модуляции; в – при перемодуляции

При малой глубине модуляции, т.е. при зарождении дефекта, относительно изменение огибающей невелико. При 100%-ной модуляции ($M = 1$) в два раза повышается амплитуда колебаний при пиковых значениях модулирующего колебания. При глубокой амплитудной модуляции ($M > 1$) форма огибающей перестает повторять форму модулирующего колебания. Это характерно при грубых изменениях параметров технического состояния, граничащих с аварийной ситуацией.

На рис. 6.14 показана временная реализация фазомодулированных колебаний при мультипликативном взаимодействии сигналов.

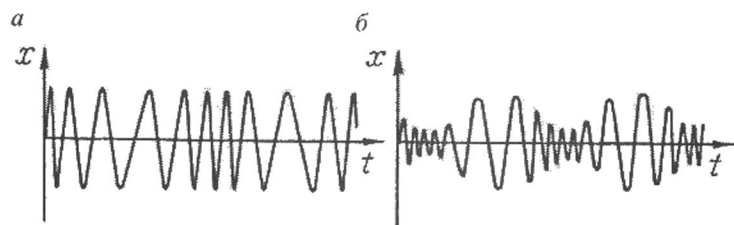


Рис. 6.14. Временная реализация (осциллограмма) фазомодулированных колебаний:

a – синусоидального процесса; *б* – узкополосного случайного процесса

На спектре АМ и ЧМ колебаний (рис. 6.15) видно, что в окрестности несущей частоты f_0 присутствуют комбинационные частоты ($f_0 \pm kf_m$), где f_m – модуляционная частота. Такого рода процессы наблюдаются при наличии локальных дефектов контактирующих поверхностей.

В общем случае узкополосный процесс $x(t)$ может быть представлен в виде

$$x(t) = A(t) \cos[2\pi f_0 t + \varphi(t)],$$

где $A(t)$ и $\varphi(t)$ – медленно меняющиеся по сравнению с $\cos(2\pi f_0 t)$ амплитуда и фаза, f_0 – средняя частота сосредоточения энергетического спектра сигнала $S_x(t)$, обычно называемая несущей.

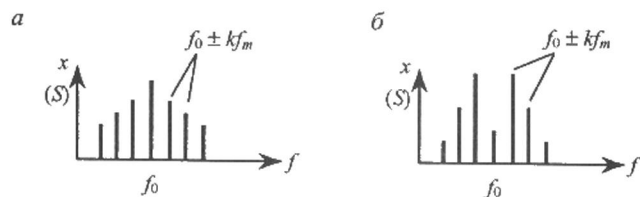


Рис. 6.15. Спектры модулированных колебаний:

a – при амплитудной модуляции; *б* – при частотной модуляции

Поскольку диагностическая информация о состоянии контактирующих поверхностей содержится в амплитудной $A(t)$ и фазовой $\varphi(t)$ огибающих сигнала, то для ее выделения необходима операция детектирования с помощью специальных электронных устройств – фазового и амплитудного детекторов. Операция детектирования осуществляется после предварительной полосовой фильтрации сигнала.

Стробирование

В тех случаях, когда характер изменения виброакустического процесса в механизме во времени жестко связан с фазой кинематического цикла,

для выделения диагностической информации применяют операцию **стробирования (временной селекции)**.

Особенно эффективно применение стробирования при диагностировании сложных машин и механизмов ударного действия, когда прямое наблюдение ВАС, возбуждаемого диагностируемым узлом, невозможно из-за наложения ударных импульсов от других узлов. При диагностировании поршневых машин синхронизацию вибропроцессов осуществляют, как правило, частотой вращения коленчатого вала, а за начало отсчета времени берут положение поршня в верхней мертвой точке одного из цилиндров (рис. 6.16).

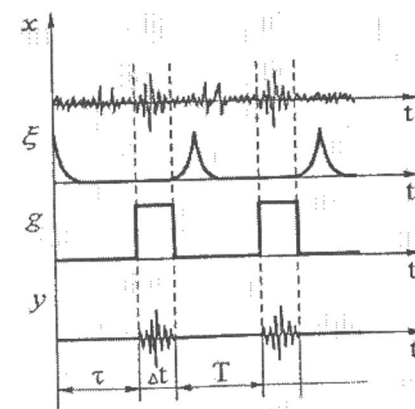


Рис. 6.16. Стробирование ударных импульсов:

τ – время запаздывания стробирующего импульса; Δt – ширина стробирующего импульса; $g(t)$ – стробирующий импульс; $\xi(t)$ – синхримпульс с датчика оборотов

Результирующим процессом является последовательность импульсов $y(t)$ нужной длительности Δt , идущих с периодом T протекающего в системе физического процесса $x(t)$.

Регулируемыми параметрами временного селектора являются задержка импульса τ относительно синхримпульса и длительность импульса Δt .

Одним из вариантов приборной реализации временного селектора является прибор фирмы "Брюль и Кьер" типа 2972.

Применение операции временной селекции позволяет не только отделить полезный сигнал от помехи, но и определить ряд важных параметров механизма, по которым можно ставить диагноз: интервал времени между верхней мертвой точкой и моментом удара поршня о стенки цилиндра на такте рабочего хода, который связан с зазором между поршнем и цилиндром, и амплитуду импульса от удара поршня о гильзу цилиндра.

6.6. Связь технического состояния машин и оборудования с виброакустическим сигналом

Колебания на роторной частоте и ее гармониках

Колебательные процессы, сопровождающие работу машин и оборудования, являются непосредственным результатом взаимодействия их деталей. Свойства или изменения свойств деталей проявляются в их взаимодействии, поэтому виброакустический сигнал является носителем информации о техническом состоянии узлов машин и оборудования: зубчатых зацеплений, подшипников качения, поршневых групп и т.д.

Одновременно с процессами, возникающими непосредственно в машинах и оборудовании, происходит взаимодействие движущихся элементов машин и оборудования с внешней средой: движение в потоке газа или жидкости приводит к вихреобразованию на границе сред, явлениям кавитации и гидравлического удара и т.п.

Амплитуды вынужденных колебаний содержат информацию о качестве изготовления или ремонта и о грубых изменениях параметров технического состояния, граничащих с аварийной ситуацией в процессе эксплуатации машин и оборудования. Модуляция (окраска) вынужденных колебаний и колебаний в зоне собственных частот узлов машин и оборудования является источником информации о наличии и развитии дефектов.

Существует огромное число механизмов циклического действия, в которых характер взаимодействия элементов подчинен периодическому закону, связанному с вращательным движением (редукторы, электродвигатели, вентиляторы, турбины и т.п.). Данные механизмы называют роторными. В роторных механизмах одной из основных частот возбуждения колебаний в низкочастотном диапазоне (до 200...300 Гц) является частота вращения ротора (вала)

$$f_{вр} = \omega_{вр} / 2\pi,$$

где $\omega_{вр}$ – угловая частота вращения ротора.

Колебания механизмов в этом диапазоне частот являются колебаниями гармонического вида. Они обусловлены в основном неуравновешенностью вращающихся масс. Именно эти колебания определяют динамическую прочность конструкции машин и оборудования. Амплитуда колебаний на роторной частоте (частоте вращения ротора) определяется в основном значением дисбаланса и отношением критической частоты вращения ротора к рабочей. Информативным параметром в данном случае может служить значение амплитуды (или приращение амплитуды) колебаний на роторной частоте.

Причинами увеличения амплитуды колебаний на частоте вращения ротора могут быть также:

- отклонение от соосности валов;
- нарушение геометрии узлов вращения (подшипника, диска турбины, зубчатого колеса, винта насоса и т.д.);
- перекося наружных колец подшипников качения;
- периодические силы, создаваемые в рабочем процессе.

Перечисленные источники возбуждения колебаний на одной и той же частоте $f_{вр}$ являются когерентными и не поддаются разделению с помощью каких-либо операций. Для того чтобы разобраться в причинах изменения амплитуды колебаний на оборотной частоте и определить вид неисправности узла механизма, необходимо привлечь дополнительную информацию. В табл. 6.1 приведена информация о дефектах узлов роторных механизмов, имеющая отношение к частоте вращения и ее гармоникам [6].

К неисправностям, приведенным в табл. 6.1 и вызывающим увеличение амплитуды колебаний роторной составляющей вибрации, можно отнести также дефекты зубчатого зацепления типа накопленной погрешности шага (дефект изготовления) и поломки зубьев (дефект эксплуатации), неравномерный обгар лопаток газовой турбины, неравномерный износ или загрязнение лопаток осевых воздушных нагнетателей и т.п.

В реальной машине может возникнуть вибрация с удвоенной частотой вращения ротора $2f_{вр}$. Они обусловлены:

- овальностью шейки вала подшипника скольжения;
- неравножесткостью ротора по окружности вследствие переменного прогиба;
- овальностью внутреннего кольца подшипника качения.

В подшипниках скольжения могут возникнуть автоколебания, обусловленные определенными условиями трения, например, фрикционные автоколебания, частоты которых бывают различными.

Турбулентные явления в жидком или газовом смазочном слое подшипников скольжения могут вызвать вибрацию с частотой, примерно равной $0,5f_{вр}$. Совместное действие этой вибрации с вибрацией частоты вращения ротора $f_{вр}$ создает так называемые "резонансные биения".

Для формирования характерных диагностических признаков рассмотренных неисправностей недостаточно иметь сведения об амплитуде колебаний на роторной частоте $f_{вр}$. В одних случаях достаточно рассмотреть поведение гармонического ряда $kf_{вр}$. В других случаях необходимо обратиться к информации, содержащейся в среднечастотном диапазоне колебаний машин и оборудования (от 200...300 Гц до 1...2 кГц).

Помимо частот вращения и их гармоник в спектре виброакустического сигнала роторных механизмов присутствуют частоты типа

$$kf_z = k(f_{вр}^2) \text{ при } k = 1, 2, 3, \dots, n,$$

где z – число зубьев зубчатого колеса, число лопаток на диске турбины, число лопастей винта насоса или вентилятора и т.п.; f_z – зубцовая, лопастная и т.д. частота.

Подшипники качения являются источниками целой гаммы частот вибраций. Вследствие периодически повторяющейся асимметрии расположения тел качения, в подшипниках качения возникают радиальные силы с периодом, равным половине времени прохождения цапфы расстояния между телами качения. Возбуждается вибрация с частотой

$$f_{\text{пк}} = f_{\text{вр}} \frac{d_i}{d_e - d_i} z_k,$$

где d_e – диаметр беговой дорожки наружного кольца подшипника качения, d_i – диаметр беговой дорожки внутреннего кольца подшипника качения; z_k – число тел качения в подшипнике.

Волнистость дорожек качения или их износ вызывает вибрацию с частотой

$$f_{\text{в}} = \frac{1}{2} f_{\text{вр}} \left(1 \pm \frac{d_k}{d_0} \right) z_k z_{\text{в}},$$

где знак "+" соответствует внутреннему кольцу; знак "-" – внешнему; $d_0 = \frac{d_e + d_i}{2}$ – диаметр расположения центров тел качения; $z_{\text{в}}$ – число гребней волн или число дефектов, расположенных вдоль дорожки качения.

Гранность тел качения или их деформация вызывает вибрацию с частотой

$$f_{\text{гр}} = \frac{1}{2} f_{\text{вр}} \left(1 - \frac{d_k^2}{d_0^2} \right) \frac{d_0}{d_k} z_k k,$$

где k – число граней или деформированных участков на теле качения.

Зазоры между телами качения и кольцами подшипника приводят к ударам, в результате чего возникают свободные затухающие колебания различной частоты повторения групп этих колебаний. Наибольшая частота близка к частоте $f_{\text{пк}}$.

Сложные высокочастотные колебания цапфы в подшипнике качения могут быть разложены на ряд основных синусоидальных составляющих. Две из них могут при малейшей нелинейности системы дать биения с частотой близкой к частоте $f_{\text{вр}}$.

Неуравновешенность сепаратора подшипников качения вызывает вибрацию с частотой

$$f_c = \frac{1}{2} f_{\text{вр}} \left(1 - \frac{d_k}{d_c} \right),$$

где d_k – диаметр тела качения подшипника (шарика, ролика или иглы).

Аэродинамические, гидравлические и газодинамические силы в турбинах того или иного вида и в высокооборотных электрических машинах,

могут возбудить вибрацию при трении ротора об окружающую среду, от ударов потока в лопатки турбин или вентиляторов из-за кавитации, колебания давления в маслопроводящих и охлаждающих трубопроводах, малых рессиверов и турбулизации потока и т.д.

В практике виброакустической диагностики роторных механизмов широко используется процедура синхронной гребенчатой фильтрации колебаний для получения связи характеристик полигармонической модели с параметром технического состояния диагностируемых узлов машин и оборудования. Эту модель сигнала удобно использовать для оценки качества изготовления машин и оборудования, так как с увеличением качества изготовления уменьшается уровень виброактивности. Привязка к конкретному узлу осуществляется расчетом частот гармонических или полигармонических колебаний, генерируемым узлом, в соответствии с кинематикой механизмов машин и оборудования.

Влияние состояния контактирующих поверхностей на виброактивность машин и оборудования

Состояние контактирующих поверхностей деталей влияет на характер изменения вибрационных процессов, сопровождающих работу машин и оборудования. Состояние поверхностей трения изменяется вследствие абразивного изнашивания, изнашивания при заедании, усталостного изнашивания, изнашивания при задирах и т.д. Перечисленные явления являются общими для зубчатого зацепления, подшипников скольжения и качения, сопряжения втулки цилиндра – поршень и других узлов, содержащих пару трения.

Таблица 6.1. Диагностическая карта неисправностей

Дефект	Основные частоты	Направление изменения колебаний	Примечание
Неуравновешенность ротора	$F_{\text{вр}}$	Радиальное	Наиболее вероятная причина увеличения виброактивности машин
Отклонение от соосности валов	Обычно $f_{\text{вр}}$, часто $2f_{\text{вр}}$, иногда 3 и $4f_{\text{вр}}$	Радиальное, осевое	Обычный дефект
Зазор в подшипнике скольжения	Субгармоники $f_{\text{вр}}$, особенно $1/2$ или $1/3 f_{\text{вр}}$, $k \cdot 1/2 f_{\text{вр}}$	Преимущественно радиальное	Дефект проявляется только на рабочей скорости и рабочей температуре
Разрушение масляной пленки в подшипнике скольжения (образование пены и вихрей)	$(0,42-0,48)f_{\text{вр}}$	Преимущественно радиальное	Имеет место только в высокоскоростных (турбо) машинах

Дефект	Основные частоты	Направление измерения колебаний	Примечание
Механический люфт	$2f_{вр}$	Радиальное и осевое	А также суб- и комбинационные гармоники
Неуравновешенности в механизмах и машинах возвратно-поступательного принципа действия	$f_{вр}$ и (или) $kf_{вр}$, k – число несбалансированных деталей	Преимущественно радиальное	Возрастает с ростом частоты вращения
Вибрация, вызываемая электрическими силами	$f_{вр}$ или $f_{вр}$ и $2f_{вр}$, синхронизованное частотой электродвигателя	Радиальное и осевое	Исчезает при отключении электродвигателя

Абразивное изнашивание сопровождается изменением микро- и макрогеометрии сопряженных поверхностей деталей при их относительном движении. Данные изменения приводят к увеличению шума, увеличению амплитуд гармонического ряда kf_z ($k = 1, 2, 3, \dots, n$) основной частоты возбуждения кинематического узла и перераспределению амплитуд между гармониками этого ряда.

Усталостное изнашивание приводит к образованию ямок на поверхности трения в результате усталостного разрушения при повторном деформировании микрообъемов материала поверхностного слоя. Данное явление сопровождается появлением периодических всплесков вибросигнала, модулирующих основной колебательный процесс. Периодическое попадание раковин в зону контакта при относительном движении деталей машин и оборудования приводит к появлению в спектре сигнала комбинационных частот ($pf_z \pm qf_{вр}$) в окрестности основных частот возбуждения, вызванных амплитудной модуляцией. Рост числа выбросов при увеличении их амплитуд, вызванных развитием данного дефекта, приводит к увеличению глубины амплитудной модуляции, росту числа комбинационных частот и перераспределению энергии между ними при неизменности амплитуд основных частот возбуждения pf_z . Одновременно наблюдается явление амплитудно-импульсной модуляции в окрестности собственных частот, что сопровождается появлением комбинационных частот ($f_c \pm rf_{вр}$).

Изнашивание при заедании является следствием схватывания и переноса материала с одной поверхности трения на другую. Заедание может сопровождаться последующим задирами поверхностей трения с образованием широких и глубоких борозд в направлении скольжения. Данные явления приводят к нарушению периодичности движения деталей машин и оборудования, флуктуациям (колебаниям) скорости вращения, появлению выбросов в виброакустическом сигнале, явлению фазовой модуляции на основных частотах возбуждения. С ухудшением состояния поверхности

трения вследствие заедания и задира виброакустический сигнал становится существенно нестационарным из-за нерегулярности выбросов. В спектре виброакустического сигнала наблюдается падение амплитуд основных частот возбуждения pf_z при одновременном росте амплитуд комбинационных частот ($pf_z \pm qf_{вр}$) и ($f_c \pm rf_{вр}$).

6.7. Параметры промышленного шума

Производственным или промышленным шумом называются упругие колебания, распространяющиеся в воздухе и возникающие в результате работы машин и оборудования.

Транспортным шумом называют упругие колебания, возникающие при движении различных механизмов.

Строгого подразделения между этими видами шумов нет.

Акустический шум представляет собой случайный процесс, поэтому при его измерении используют такие же энергетические характеристики (величины), как и при измерении случайной вибрации.

Свойства и особенности промышленного и транспортного шума оцениваются уровнем звукового давления или мощности и спектром.

Уровень звукового давления L_p , дБ, оценивают на определенном расстоянии от источника в заданной полосе частот. Уровни звукового давления p определяют относительно порогового уровня $p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па по формуле

$$L_p = 20 \lg(p/p_0).$$

Звуковое давление может быть оценено в направлении максимального излучения (по оси характеристики направленности) или в пределах заданных пространственных углов. Таким образом определяется характеристика направленности источника шума.

Уровень звуковой мощности L_P , дБ, создается источником в окружающей среде в заданной полосе частот. Эта интегральная характеристика представляет собой мощность, P , Вт, излучаемую во все стороны пространства. Уровень мощности L_P , дБ, определяют относительно пороговой мощности $P_0 = 10^{-12}$ Вт по формуле

$$L_P = 10 \lg(P/P_0).$$

Спектр шума представляет собой частотные характеристики уровней звукового давления (или звуковой мощности) шума, создаваемого механизмами. Спектром шума обычно называют частотный диапазон, в котором создаваемые источником уровни шума соизмеримы с максимальным значением в пределах 15...20 дБ, т.е. сигналы, меньшие, чем максимальные, на 15...20 дБ, учитывать нецелесообразно.

В простейшем случае измеряют полный уровень звукового давления акустического шума. Но такое измерение не дает полного представления ни о распределении частот шума, ни о его восприятии человеком. Поэтому в аппаратуру для измерения акустического шума вводят корректирующие фильтры с соответствующими частотными характеристиками. В связи с

особенностями слухового восприятия человека (ухо не одинаково чувствительно к разным частотам) широко используются измерительные приборы, характеристики которых скорректированы по частоте так, чтобы объективные показания были близки к субъективному восприятию. Различают следующие частотные характеристики (частотная коррекция): *A* – используется для слабых звуков, данная частотная характеристика используется для большинства задач измерения (для измерения коммунального шума, шума на рабочих местах и т.д.); *B* – для средних звуков; *C* – для сильных звуков; *D* – данная частотная характеристика используется для контроля шума самолетов. Измерение уровня звукового давления или звуковой мощности производят при использовании частотных характеристик или фильтров (октавных или третьоктавных). Частотные границы и средние частоты октавных и третьоктавных фильтров приведены в табл. 6.2.

Таблица 6.2. Частотные границы и средние частоты октавных и третьоктавных фильтров, Гц

Средняя частота	Границы октавной полосы (диапазона)	Границы третьоктавной полосы (диапазона)
31,5	22,3–44,5	28,1–35,4
40	28,3–56,6	28,3–56,6
50	35,4–70,7	44,5–56,1
63	44,5–89,1	56,1–70,7
80	56,6–113	71,3–89,8
100	70,7–141	89,1–112
125	88,4–177	113–140
160	113–226	143–180
200	141–283	178–224
250	177–354	223–281
315	223–445	281–354
400	283–566	356–449
500	354–707	445–561
630	445–891	561–707
800	566–1130	713–898
1000	707–1410	891–1120
1250	884–1770	1110–1400
1600	1130–2260	1430–1800
2000	1410–2830	1780–2240
2500	1770–3540	2230–2810
3150	2230–4450	2810–3540
4000	2830–5660	3560–4490
5000	3540–7070	4450–5610
6300	4450–8910	5610–7070
8000	5660–11300	7130–8980
10000	7070–14100	8910–11200

ГЛОССАРИЙ

Абразивное изнашивание – механическое изнашивание материала в результате режущего или царапающего действия твердых тел или твердых частиц.

Автоматизированная система – система диагностирования (контроля), обеспечивающая проведение диагностирования (контроля) с применением средств автоматизации и участием человека.

Алгоритм диагностирования (контроля) – совокупность предписаний, определяющих последовательность действий при проведении диагностирования (контроля).

Амортизация – постепенное возмещение стоимости основных средств.

Базовое значение показателя качества – значение показателя качества объекта, принятое за основу при сравнительной оценке его качества.

Вынуждающая сила (момент) – переменная во времени внешняя сила (момент), не зависящая от состояния системы и поддерживающая ее вибрацию.

Гармонические колебания (вибрация) – колебания (вибрация), при которых значения колеблющейся величины (характеризующей вибрацию) изменяются во времени по закону.

Гидроабразивное (газоабразивное) изнашивание – абразивное изнашивание в результате воздействия твердых тел или твердых частиц, увлекаемых потоком жидкости (газа).

Гидроэрозийное (газоэрозийное) изнашивание – изнашивание поверхности в результате воздействия потока жидкости (газа).

Глубина поиска дефекта (неисправности) – указание с определенной точностью его (ее) местоположения в объекте.

Действительный возраст (T_d) – время с момента производства оборудования.

Дефект – каждое отдельное несоответствие продукции требованиям технической документации.

Диагностический (контролируемый) параметр – параметр объекта, используемый при его диагностировании (контроле).

Диагностическое обеспечение – комплекс взаимосвязанных правил, методов, алгоритмов и средств, необходимых для осуществления диагностирования на всех этапах жизненного цикла объекта.

Долговечность – свойство машин и оборудования сохранять работоспособное техническое состояние до наступления предельного технического состояния.

Допускаемое отклонение показателя качества – отклонение фактического значения показателя качества объекта от номинального значения, находящегося в пределах, установленных нормативной документацией.

Единичный показатель качества – показатель качества машин и оборудования, характеризующий одно из их свойств.

Задание – процесс возникновения и развития повреждений поверхностей трения вследствие схватывания и переноса материала.

Измерительный метод – метод определения значений показателей качества, осуществляемый на основе технических средств измерений.

Изнашивание при фреттинге – механическое изнашивание соприкасающихся тел при колебательном относительном микросмещении.

Изнашивание при фреттинг-коррозии – коррозионно-механическое изнашивание соприкасающихся тел при малых колебательных относительных перемещениях.

Износ – уменьшение восстановительной стоимости или стоимости замещения вследствие физического, функционального или экономического износа или их комбинации.

Износ (устаревание) функциональный – обесценивание машин и оборудования из-за несоответствия современным требованиям, предъявляемым к данным машинам и оборудованию.

Износ (устаревание) экономический (внешний) – потеря стоимости машин и оборудования, вызванная общеэкономическими или внутриотраслевыми изменениями.

Износ аварийный – износ, быстро протекающий во времени (например, пробой кабеля).

Износ глобальный – износ, равномерно распространяющийся на весь объект.

Износ конструктивный – износ, проявляющийся в ухудшении защитных свойств внешних покрытий и нарастании конструктивной усталости основных деталей и узлов объекта, повышающих, в свою очередь, вероятность возникновения аварийных ситуаций.

Износ локальный – износ, в различной степени поражающий отдельные детали и узлы объекта.

Износ накопленный – совокупное значение физического, функционального и внешнего износов.

Износ непрерывный – постепенное снижение технико-экономических показателей объектов.

Износ неустраняемый – износ машин и оборудования, затраты на устранение которого больше, чем добавляемая при этом стоимость.

Износ полный – износ, предполагающий замену данного объекта другим.

Износ скрытый – износ, непосредственно не влияющий на технические параметры оборудования, но увеличивающий вероятность аварийного износа.

Износ технический – износ, выражающийся в снижении фактических значений технико-экономических параметров по сравнению с нормативными или паспортными значениями.

Износ устранимый – износ машин и оборудования, затраты на устранение которого меньше, чем добавляемая при этом стоимость.

Износ физический – износ, приводящий к потере работоспособного или исправного технического состояний вследствие ухудшения первоначальных технико-экономических показателей, вызванного естественным изнашиванием машин и оборудования в процессе эксплуатации, длительного хранения или воздействия окружающей среды.

Износ частичный – износ, допускающий ремонт и восстановление объекта.

Интегральный показатель качества – отношение суммарного полезного эффекта от эксплуатации объекта к суммарным затратам на его создание и эксплуатацию.

Информационное оборудование – оборудование, предназначенное для преобразования, передачи и хранения информации.

Исправное техническое состояние – техническое состояние объекта, при котором он удовлетворяет всем требованиям технической документации. Убедиться в исправности объекта необходимо после его изготовления и ремонта.

Кавитационное изнашивание – механическое изнашивание при движении твердого тела относительно жидкости, при котором пузырьки газа захлопываются вблизи поверхности, что создаст местное высокое ударное давление или высокую температуру.

Качество – совокупность свойств машин и оборудования, обуславливающих их пригодность удовлетворять определенные потребности в соответствии с их назначением.

Комплексный показатель качества – показатель качества машин и оборудования, характеризующий несколько их свойств.

Конкретная номенклатура – номенклатура показателей качества конкретного вида или типа изделий.

Контроль – процесс сбора и обработки информации с целью определения событий.

Контроль технического состояния – проверка соответствия значений параметров объекта требованиям технической документации и определение на этой основе одного из заданных видов технического состояния в данный момент времени.

Контроль функционирования – контроль выполнения объектом части или всех свойственных ему функций.

Коррозионно-механическое изнашивание – изнашивание в результате механического воздействия, сопровождаемого химическим и (или) электрическим взаимодействием материала со средой.

Коэффициент весомости показателя качества – количественная характеристика значимости данного показателя качества объекта среди других его показателей качества.

Машины и оборудование – устройства, преобразующие энергию, материалы и информацию.

Механическое изнашивание – изнашивание в результате механических воздействий.

Надежность – свойства машин и оборудования сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих их способность выполнять требуемые функции в заданных режимах.

Наработка – продолжительность или объем работы машин и оборудования, выраженные в тех или иных единицах (часах, штуках изготовленных деталей, тонно-километрах, тоннах переработанных материалов) за рассматриваемый срок службы.

Номинальное значение показателя качества – регламентированное значение показателя качества объекта, от которого отсчитывают допустимое отклонение.

Нормативный срок службы – период времени, в течение которого машины и технологическое оборудование вносят вклад в стоимость производимой продукции.

Обнаружение дефекта (неисправности) – установление факта его (ее) наличия или отсутствия в объекте.

Ожидание – нахождение изделия в состоянии готовности к использованию по назначению.

Окислительное изнашивание – коррозионно-механическое изнашивание, при котором преобладает химическая реакция материала с кислородом или окисляющей окружающей средой.

Операция ремонта – в соответствии с ГОСТ 3.1109–73 это законченная часть ремонта, выполняемая на одном рабочем месте исполнителями определенной специальности.

Операция технического обслуживания – в соответствии с ГОСТ 3.1109–73 это законченная часть технического обслуживания составной части изделия, выполняемая на одном рабочем месте исполнителем определенной специальности.

Определяющий показатель качества – показатель качества объекта, по которому принимают решение оценивать его качество.

Органолептический метод – это метод определения значений показателей качества, осуществляемый на основе анализа восприятий органов чувств человека.

Остаточный срок службы – оцененный период времени, в течение которого машины и технологическое оборудование будут вносить вклад в стоимость производимой продукции.

Отказ – событие, заключающееся в нарушении работоспособного технического состояния.

Относительное значение показателя качества – отношение значения показателя качества оцениваемого объекта к базовому значению этого показателя.

Параметрические колебания (вибрация) – колебания (вибрация) системы, вызванные и поддерживаемые параметрическим возбуждением.

Повреждение – событие, заключающееся в нарушении исправного технического состояния машин и оборудования при сохранении их работоспособности.

Показатель качества – количественная характеристика одного или нескольких свойств машин и оборудования, составляющих их качество, рассматриваемое применительно к определенным условиям их эксплуатации.

Правильно функционирующий объект – объект, значения параметров которого в текущий момент реального времени находятся в требуемых пределах.

Предельное значение показателя качества – наибольшее или наименьшее регламентируемое значение показателя качества объекта.

Предельное техническое состояние – техническое состояние машин и оборудования, при котором дальнейшее их применение недопустимо или нецелесообразно.

Прогнозирование технического состояния – определение ТС объекта с заданной вероятностью на предстоящий интервал времени.

Производственный (промышленный) шум – упругие колебания, распространяющиеся в воздухе и возникающие в результате работы механизмов и оборудования.

Работоспособное техническое состояние – ТС объекта, при котором он может выполнять все заданные ему функции с сохранением значений заданных параметров в требуемых пределах. Убеждаться в работоспособности объекта необходимо при его профилактике, после транспортирования и хранения.

Рабочее техническое диагностирование – диагностирование, при котором на объект подаются рабочие воздействия; рабочие воздействия предусмотрены алгоритмом функционирования объекта.

Рабочие машины и оборудование – машины, инструменты, аппараты и прочие виды оборудования, предназначенные для механического, термического и химического воздействия на предмет труда (обрабатываемый предмет), который может находиться в твердом, жидком или газообразном состоянии, с целью изменения его формы, свойств, состояния или положения.

Регистрационный метод – метод определения значений показателей качества, осуществляемый на основе наблюдения и подсчета числа определенных событий, предметов или затрат.

Регламентированное значение показателя качества – значение показателя качества объекта, установленное нормативной документацией.

Ремонт – комплекс операций по восстановлению исправности или работоспособности изделий и восстановлению ресурсов изделий или их составных частей.

Свойство – объективная особенность машин и оборудования, которая проявляется при их создании и эксплуатации, т.е. при разработке, производстве, испытаниях, хранении, транспортировании, техническом обслуживании, ремонтах и использовании.

Система технического диагностирования (контроля) технического состояния – совокупность средств, объекта и исполнителей, необходимая для проведения диагностирования (контроля) по правилам, установленным в технической документации.

Скрытый дефект – дефект, для выявления которого в нормативной документации не предусмотрены необходимые правила, методы и средства контроля.

Социологический метод – метод определения значений показателей качества машин и оборудования, осуществляемый на основе сбора и анализа мнений их фактических или возможных потребителей.

Спектр шума – частотный диапазон, в котором создаваемые источником уровни шума соизмеримы с максимальным значением в пределах 15...20 дБ.

Средства технического диагностирования – аппаратура и программы, с помощью которых осуществляется диагностирование (контроль).

Срок полезного использования – период, в течение которого использование объекта основных средств призвано приносить доход организации (предприятию) или служить для выполнения целей деятельности организации.

Срок службы – календарная продолжительность эксплуатации машин и оборудования до наступления предельного технического состояния.

Стоимость восстановительная (воспроизводства) – стоимость воспроизводства копии объекта в ценах на дату оценки.

Стоимость замещения – стоимость аналога объекта оценки в ценах на дату оценки.

Субгармонические колебания (вибрация) – вынужденные колебания (вибрация) нелинейной системы, частота которых в целое число раз меньше частоты гармонического возбуждения.

Супергармонические колебания (вибрация) – гармонические составляющие вынужденных колебаний (вибрации) нелинейной системы, частоты которых кратны частоте гармонического возбуждения.

Тестовое техническое диагностирование – диагностирование, при котором на объект подаются тестовые воздействия.

Техническая диагностика – область знаний, охватывающая теорию, методы и средства определения технического состояния объектов.

Технический ресурс – наработка от начала эксплуатации машин и оборудования до перехода их в предельное техническое состояние.

Техническое диагностирование – определение технического состояния объекта.

Техническое обслуживание – комплекс операций или операция по поддержанию работоспособности или исправности изделия при использовании по назначению, ожидании, хранении и транспортировке.

Техническое состояние (ТС) объекта – состояние, которое характеризуется в определенный момент времени, при определенных условиях внешней среды, значениями параметров, установленных технической документацией на объект.

Типовая номенклатура – полный перечень всех групп и конкретных показателей качества, относящихся практически к любым машинам и оборудованию.

Транспортирование – в соответствии с ГОСТ 14308–74 это операция перемещения груза по определенному маршруту от места погрузки до места разгрузки или перегрузки.

Транспортный шум – упругие колебания, возникающие при движении различных механизмов.

Управление – процесс выработки и осуществления целенаправленных (управляющих) воздействий на объект диагностирования (ОД).

Усталостное изнашивание – механическое изнашивание в результате усталостного разрушения при повторном деформировании микрообъемов материала поверхностного слоя.

Экспертный метод – метод определения значений показателей качества, осуществляемый на основе решения, принимаемого экспертами.

Экспресс-диагностирование – диагностирование по ограниченному числу параметров за заранее установленное время.

Электроэрозионное изнашивание – эрозионное изнашивание поверхности в результате воздействия разрядов при прохождении электрического тока.

Энергетическое оборудование (силовые машины и оборудование) – генераторы, производящие тепловую и электрическую энергию, и двигатели, превращающие энергию любого вида (воды, ветра, тепловую, электрическую и т.д.) в механическую.

Эффективный возраст – возраст, определяемый состоянием и полезностью машин и оборудования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федюкин В. К., Дурнев В. Д., Лебедев В. Г. Методы оценки и управления качеством продукции: Учебник. – М.: Информационно-издательский дом «Филинъ»; Рилант, 2000.
2. Ковалев А. П., Еленева Ю. Я., Корниенко А. А. Оценка рыночной стоимости машин и оборудования: Учебно-практ. пособие / Под общ. ред. В. М. Рутгайзера. – М.: Дело, 1998.
3. Алексеев А. А., Солодовников А. И. Диагностика в технических системах управления: Учеб. пособие для вузов / Под ред. В. Б. Яковлева. – СПб.: СПбГЭТУ, 1997.
4. Гаркунов Д. Н. Триботехника: Учеб. для вузов. – М.: Машиностроение, 1989.
5. Когаев В. П., Дроздов Ю. Н. Прочность и износостойкость деталей машин: Учеб. пособие. – М.: Высш. шк., 1991.
6. Генкин М. Д., Соколова В. Г. Виброакустическая диагностика машин и механизмов. – М.: Машиностроение, 1987.
7. Иванов А. М., Маркин И. В., Перевозчиков А. Г. О согласовании физического, функционального и внешнего износа, выраженного в долях или процентах // Вопросы оценки. – 1997. – №3.
8. Быкова В., Ковалев А. П. Как оценить износ оборудования // Оборудование: рынок, предложение, цены. – 2000. – №3.
9. Типовые методики и программы испытаний металлорежущих станков: Методические указания. – М.: ЭНИМС, 1998.
10. Ковалев А. П. Как оценить имущество предприятий. – М.: Финстатинформ, 1996.
11. Саприцкий Э. Б. Методология оценки стоимости промышленного оборудования. – М.: Институт промышленного развития (Иформэлектро), 1996.
12. О составе затрат и единых нормах амортизационных отчислений. – М.: Финансы и статистика, 1998.
13. Металлорежущие станки, выпускаемые в СССР: Справочно-информационный материал. – М.: ЭНИМС, 1990.
14. Общесоюзный классификатор промышленной и сельскохозяйственной продукции. – М.: НИИмаш, 1988.
15. ГОСТ 15467–79. Управление качеством продукции. Основные понятия, термины и определения. Введ. 01.07.79. – М.: Изд-во стандартов, 1979.
16. ГОСТ 27674–88. Трение, изнашивание и смазка. Термины и определения. Введ. 01.01.89. – М.: Изд-во стандартов, 1988.
17. ГОСТ 27.002–89. Надежность в технике. Основные понятия, термины и определения. Введ. 01.07.90. – М.: Изд-во стандартов, 1990.
18. ГОСТ 18322–78. Система технического обслуживания и ремонта техники. Термины и определения. Введ. 01.01.80. – М.: Изд-во стандартов, 1979.
19. ГОСТ 20911–89. Техническая диагностика. Термины и определения. Введ. 01.01.91. – М.: Изд-во стандартов, 1990.
20. ГОСТ 27518–87. Диагностирование изделий. Общие требования. Введ. 01.01.89. – М.: Изд-во стандартов, 1988.
21. ГОСТ 4.404–88. Система показателей качества продукции. Оборудование деревообрабатывающее. Номенклатура показателей. Введ. 01.01.89. – М.: Изд-во стандартов, 1988.
22. ГОСТ 4.93–86. Система показателей качества продукции. Оборудование деревообрабатывающее. Станки металлообрабатывающие. Введ. 01.07.87. – М.: Изд-во стандартов, 1986.
23. ГОСТ Р 51195.0.02–98. Единая система оценки имущества. Термины и определения. Введ. 01.01.99. – М.: Изд-во стандартов, 1998.
24. ГОСТ 16504–81. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения. Введ. 01.01.82. – М.: Изд-во стандартов, 1982.
25. Оценка машин, оборудования и транспортных средств / В. П. Антонов, С. Д. Волошук, Ю. Н. Глумов и др.; Под общ. ред. В. П. Антонова. – М.: Институт оценки природных ресурсов, 2001.
26. Технические средства диагностирования: Справ. / В. В. Клюев, П. П. Пархоменко, В. Е. Абрамчук и др.; Под общ. ред. В. В. Клюева. – М.: Машиностроение, 1989.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

ПРИМЕР ОПРЕДЕЛЕНИЯ РЫНОЧНОЙ СТОИМОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ЦЕХА ПО ИЗГОТОВЛЕНИЮ КОЛБАСНЫХ ИЗДЕЛИЙ

1. Общие сведения

Исходные данные по оцениваемому технологическому оборудованию цеха по производству колбасных изделий приведены ниже.

Оборудование, предъявленное к оценке	Холодильная установка трехкамерная Холодильная камера, 5 т Шкаф холодильный Калориметр Термодымовая камера (3 шт.) Дыморегулятор (3 шт.) Термодымовая камера (2 шт.) Дыморегулятор Шприц на 100 л Шпигорезка Мясорубка "Волчок" Фаршемешалка Электросковорода Обвалочный стол Стол производственный (нержавеющий) Подъемник на шприц вакуумный Жарочный шкаф 3-секционный Котел варочный (2 шт.) Стеллаж для дефростации сырья (2 шт.) Куттер Монорельсовые весы Напольные весы (3 шт.) Подвесные пути для разгрузки мяса Емкость 100 л (5 шт.)
Местоположение объекта	Россия, г. Н-ск, ООО "Модуль-М"
Цель оценки	Определение рыночной стоимости
Действительная дата оценки	15 февраля 2001 г. (дата последнего осмотра)
График проведения оценки	с 15 февраля по 20 марта 2001 г.
Собственник объекта	ООО "Модуль-М"
Представленные документы	Список оборудования, техническая документация, данные бухгалтерии

2. Технические характеристики и назначение технологического оборудования

Холодильная установка. Количество камер – 3. Предназначена для хранения сырья. Эксплуатируется с декабря 1994 г.

Холодильная камера. Производственная мощность 5 т. Производство Японии. Эксплуатируется с августа 1998 г.

Холодильный шкаф. Производство СССР. Эксплуатируется с февраля 1996 г. Предназначен для хранения продукции.

Калориметр. Марка КРК-2. Эксплуатируется с апреля 1998 г.

Термодымовые камеры с дыморегуляторами. Предназначены для тепловой обработки, холодного и горячего копчения колбасных и других мясных изделий, а также рыбы и т.п. для мясоперерабатывающих цехов малой и средней мощности с производительностью от 500 кг до 10 т готовых мясных продуктов. Производство Россия, Югославия. Эксплуатируются с ноября 2000 г.

Шприц. Предназначен для вакуумирования мясного фарша и наполнения им колбасных оболочек при производстве вареных и полукопченых колбас. Вместимость бункера 100 л. Эксплуатируется с августа 1999 г.

Шкаф жарочный. Предназначен для температурной обработки сырья. Эксплуатируется с ноября 1998 г.

Машина шпигорезная. Предназначена для полуавтоматической нарезки шпига кубиками и нарезки мяса ломтиками. На момент осмотра машина разукomплектована и стоит на улице. Эксплуатируется с мая 1996 г.

Куттер. Марка ЛБ ФКМ. Предназначен для грубого и тонкого измельчения всех сортов мяса и перемешивания с добавочными компонентами при изготовлении всех видов колбас. Эксплуатируется с ноября 1998 г.

Фаршемешалка. Производительность 200 кг/ч. Предназначена для приготовления фарша при производстве колбасных и консервных изделий. Эксплуатируется с марта 1997 г.

Мясорубка "Волчок". Производительность 200 кг/ч. Предназначена для непрерывного измельчения бескостного жиловатого мяса и мясопродуктов при производстве фарша для колбасных и других мясных изделий. Эксплуатируется с марта 1997 г.

Электросковорода. Предназначена для температурной обработки сырья. Эксплуатируется с марта 1999 г.

Котел варочный. Предназначен для варки фарша. Марка КПЭ-250. Эксплуатируется с января 1996 г.

Подъемник на шприц. Предназначен для подъема тележки с мясопродуктами и выгрузки их в бункер мясоперерабатывающей машины. Эксплуатируется с августа 1999 г.

Стеллаж для размораживания мяса. Предназначен для дефростации сырья. Эксплуатируется с января 2000 г.

Емкость. Количество 5 шт. Выполнены из нержавеющей стали. Эксплуатируются с сентября 1999 г.

Напольные весы. Предназначены для взвешивания продукции.

Монорельсовые весы. Предназначены для взвешивания сырья.

Стол производственный нержавеющей. Предназначен для обслуживания производственных процессов. Эксплуатируется с августа 1999 г.

Обвалочный стол. Предназначен для обваловывания мяса. Эксплуатируется с августа 1999 г.

Подвесные пути. Предназначены для перемещения сырья. Эксплуатируются с октября 1997 г.

3. Определение рыночной стоимости имущества для продажи с использованием затратного подхода

Определение полной стоимости замещения проводим методом поэтапного расчета. Данная методика применяется при оценке стоимости поточных линий. Резуль-

таты расчета восстановительной стоимости оборудования на дату оценки сведены в табл. П1.1.

Таблица П1.1. Полная восстановительная стоимость оборудования (ПВС)

№ п/п	Наименование и марка оборудования	Балансовая стоимость на 01.01.2000 г.	Индекс роста цен	ПВС
1	Холодильная установка 3-камерная	180 000	1,08	194 400
2	Холодильная камера, 5 т	290 000		313 200
3	Шкаф холодильный	24 000		25 920
4	Калориметр	19 000		20 520
5	Термодымовая камера	92 666		100 080
6	Термодымовая камера	92 666		100 080
7	Термодымовая камера	92 666		100 080
8	Дыморегулятор	14 000		15 120
9	Дыморегулятор	14 000		15 120
10	Дыморегулятор	14 000		15 120
11	Термодымовая камера	95 000		102 600
12	Термодымовая камера	95 000		102 600
13	Дыморегулятор	19 000		20 520
14	Шприц на 100 л	56 500		61 020
15	Шпигорезка	68 000		73 440
16	Мясорубка "Волчок"	9 500		10 260
17	Фаршемешалка	58 700		63 396
18	Электросковорода	27 000		29 160
19	Обвалочный стол	5 200		5 616
20	Стол производственный	6 800		7 344
21	Подъемник на шприц вакуумный	37 000		39 960
22	Жарочный шкаф 3-секционный	28 000		30 240
23	Котел варочный	17 000		18 360
24	Котел варочный	17 000		18 360
25	Стеллаж для дефростации сырья	17 500		18 900
26	Стеллаж для дефростации сырья	17 500		18 900
27	Куттер	78 200		84 456
28	Монорельсовые весы	32 000		34 560
29	Напольные весы	2 166		2 340
30	Напольные весы	2 166		2 340
31	Напольные весы	2 166		2 340
32	Подвесные пути для разгрузки мяса	37 000		39 960
33	Емкость 100 л	7 000		7 560
34	Емкость 100 л	7 000		7 560
35	Емкость 100 л	7 000		7 560
36	Емкость 100 л	7 000		7 560
37	Емкость 100 л	7 000		7 560
ИТОГО		1 596 396		1 724 112

Расчет физического износа

Физический износ весов определим методом снижения потребительских свойств. Одним из основных потребительских свойств весов является их точность (отклонение)

измерения. Коэффициент физического износа в данном случае будет определяться следующей формулой

$$K_{\text{физ}} = 1 - (D_n / D_{\text{ф}}), \quad (\text{П1.1})$$

где D_n – номинальное отклонение, г; $D_{\text{ф}}$ – фактическое отклонение, г.

Коэффициенты физического износа остального оборудования определим методом эффективного возраста по формуле

$$K_{\text{физ}} = T_{\text{эф}} / T_n, \quad (\text{П1.2})$$

где $T_{\text{эф}}$ – эффективный срок службы, годы; T_n – нормативный срок службы (срок полезного использования), годы.

Нормативный срок службы определим по норме амортизационных отчислений:

$$T_n = 100/a,$$

где a – норма амортизационных отчислений, %.

Оборудование эксплуатировалось в соответствии с техническими условиями, соблюдалась система технического обслуживания и ремонтов, оборудование загружено было на 80%. Поэтому в данном случае эффективный возраст оборудования определим по формуле

$$T_{\text{эф}} = T_d K_{\text{заг}},$$

где T_d – действительный срок службы, годы; $K_{\text{заг}} = 0,8$ – коэффициент загрузки оборудования.

Результаты расчета коэффициентов износа по формулам (П1.1) и (П1.2) сведены в табл. П1.2.

Таблица П1.2. Расчет физического износа

№ п/п	Наименование и марка оборудования	T_d , лет	$K_{\text{заг}}$	$T_{\text{эф}}$, лет	a , %	T_n , лет	D_n , г	$D_{\text{ф}}$, г	Физический износ, %
1	Холодильная установка 3-камерная	6,25	0,8	5	10	10	–	–	50
2	Холодильная камера, 5 т, низкотемпературная (пр-во Япония)	2,5		2	10	10	–	–	20
3	Шкаф холодильный	5		4	10	10	–	–	40
4	Калориметр КРК-2	3,1		2,5	15,4	6,5	–	–	25
5	Термодымовая камера	0,4		0,3	15,4	6,5	–	–	5
6	Термодымовая камера	0,4		0,3	15,4	6,5	–	–	5
7	Термодымовая камера	0,4		0,3	15,4	6,5	–	–	5
8	Дыморегулятор	0,4		0,3	15,4	6,5	–	–	5
9	Дыморегулятор	0,4		0,3	15,4	6,5	–	–	5
10	Дыморегулятор	0,4		0,3	15,4	6,5	–	–	5
11	Термодымовая камера	4		3,2	15,4	6,5	–	–	50

№ п/п	Наименование и марка оборудования	T _л , лет	K _{заг}	T _{эф} , лет	a, %	T _н , лет	D _н , г	D _ф , г	Физический износ, %
12	Термодымовая камера	4	0,8	3,2	15,4	6,5	—	—	50
13	Дыморегулятор	4		3,2	15,4	6,5	—	—	50
14	Шприц на 100 л	1,6		1,3	15,4	6,5	—	—	20
15	Шпигорезка	5,25		4,2	15,4	6,5	—	—	65
16	Мясорубка "Волчок"	4		3,2	15,4	6,5	—	—	50
17	Фаршемешалка	4		3,2	15,4	6,5	—	—	50
18	Электросковорода	2		1,6	15,4	6,5	—	—	25
19	Обвалочный стол	1,6		1,3	15,4	6,5	—	—	20
20	Стол производственный (нержавеющий)	1,6		1,3	15,4	6,5	—	—	20
21	Подъемник на шприц вакуумный	1,6		1,3	15,4	6,5	—	—	20
22	Жарочный шкаф 3-секционный	2,4		1,9	15,4	6,5	—	—	30
23	Котел варочный	1,25		1,0	15,4	6,5	—	—	15
24	Котел варочный	5,25		4,2	15,4	6,5	—	—	65
25	Стеллаж для дефростации сырья	1,25		1,0	15,4	6,5	—	—	15
26	Стеллаж для дефростации сырья	1,25		1,0	15,4	6,5	—	—	15
27	Куттер	2,4		1,9	15,4	6,5	±5	+6,6	30
28	Монорельсовые весы	—		—	—	—	±4	+5,7	20
29	Напольные весы	—		—	—	—	±4	+5,7	25
30	Напольные весы	—		—	—	—	±4	+5,7	25
31	Напольные весы	—		—	—	—	—	—	25
32	Подвесные пути для разгрузки мяса	1,4		3,5	10	10	—	—	35
33	Емкость 100 л	1,6		1,3	15,4	6,5	—	—	20
34	Емкость 100 л	1,6		1,3	15,4	6,5	—	—	20
35	Емкость 100 л	1,6		1,3	15,4	6,5	—	—	20
36	Емкость 100 л	1,6		1,3	15,4	6,5	—	—	20
37	Емкость 100 л	1,6		1,3	15,4	6,5	—	—	20

Определение функционального износа

Оборудование испытывает моральное устаревание, обусловленное появлением более совершенных аналогов и повышением технических требований к данному оборудованию (вес, шум, эксплуатационные расходы). Для такого оборудования принимаем моральный износ 20%.

Определение внешнего износа

Экономическое устаревание оборудования вызвано сокращением производства в связи с падением спроса на продукцию. Согласно статистическим данным по г. Н-ску сокращение спроса в 2000 году составило в среднем 15...20%. Некоторое оборудование, такое как холодильные камеры, столы, емкости, может использоваться в различных производствах пищевой промышленности, поэтому данное оборудование экономического износа не испытывает.

Определение накопленного износа

Накопленный износ рассчитываем по формуле

$$K = 1 - (1 - K_{\text{физ}})(1 - K_{\text{фун}})(1 - K_{\text{вн}}),$$

где K – суммарный износ; K_{физ} – коэффициент физического износа; K_{фун} – коэффициент функционального износа; K_{вн} – коэффициент внешнего износа.

Результаты расчета накопленного износа сведены в табл. П1.3.

Таблица П1.3. Расчеты величины накопленного износа и остаточной стоимости оборудования

№ п/п	Наименование и марка оборудования	Физический износ, %	Функциональный износ, %	Внешний износ, %	Накопленный износ, %	Остаточная стоимость, руб.
1	Холодильная установка 3-камерная	50	20	0	60	77 760
2	Холодильная камера, 5 т, низкотемпературная (пр-во Японии)	20	20	0	36	200 448
3	Шкаф холодильный	40	20	0	52	12 442
4	Калориметр КРК-2	25	20	15	49	10 465
5	Термодымовая камера	5	0	15	19,25	80 814
6	Термодымовая камера	5	0	15	19,25	80 814
7	Термодымовая камера	5	0	15	19,25	80 814
8	Дыморегулятор	5	20	15	35,4	9 768
9	Дыморегулятор	5	20	15	35,4	9 768
10	Дыморегулятор	5	20	15	35,4	9 768
11	Термодымовая камера	50	20	15	66	34 884
12	Термодымовая камера	50	20	15	66	34 884
13	Дыморегулятор	50	20	15	66	6 977
14	Шприц на 100 л	20	20	15	45,6	33 195
15	Шпигорезка	65	20	15	76,2	17 479
16	Мясорубка "Волчок"	50	20	15	66	3 488
17	Фаршемешалка	50	20	0	60	25 358
18	Электросковорода	25	20	0	40	17 496
19	Обвалочный стол	20	20	0	36	3 594
20	Стол производственный (нержавеющий)	20	20	0	36	4 700
21	Подъемник на шприц вакуумный	20	20	15	45,6	21 738

Окончание таблицы П1.3

№ п/п	Наименование и марка оборудования	Физический износ, %	Функциональный износ, %	Внешний износ, %	Накопленный износ, %	Остаточная стоимость, руб.
22	Жарочный шкаф 3-секционный	30	20	15	52,4	14 394
23	Котел варочный	15	20	0	32	12 485
24	Котел варочный	65	20	0	72	5 141
25	Стеллаж для дефростации сырья	15	20	0	32	12 852
26	Стеллаж для дефростации сырья	15	20	0	32	12 852
27	Куттер	30	20	0	44	47 295
28	Монорельсовые весы	20	20	15	45,6	18 801
29	Напольные весы	25	20	0	40	1 404
30	Напольные весы	25	20	0	40	1 404
31	Напольные весы	25	20	0	40	1 404
32	Подвесные пути для разгрузки мяса	35	20	15	55,8	17 662
33	Емкость 100 л	20	20	0	36	6 048
34	Емкость 100 л	20	20	0	36	6 048
35	Емкость 100 л	20	20	0	36	6 048
36	Емкость 100 л	20	20	0	36	6 048
37	Емкость 100 л	20	20	0	36	6 048
ИТОГО						952 586

4. Определение рыночной стоимости имущества для продажи с использованием метода сравнения продаж

Расчет стоимости холодильной установки

В связи с отсутствием сопоставимых аналогов расчет стоимости рыночным методом не производился. Принимаем в качестве рыночной стоимость, рассчитанную затратным методом, – 77 760 руб.

Расчет стоимости холодильной камеры

В качестве аналога была выбрана сборно-щитовая холодильная камера, 6 м³, с холодильными агрегатами ВСЭ-1250. Данное оборудование реализуется МУП "АМУРТОРГТЕХНИКА". По состоянию на 20.02.2001 г. цена реализации с учетом НДС составляла 86 200 руб.

Расчет поправок

а) Поправка на техническую сопоставимость.

Объем камер оцениваемого оборудования составляет 30 м³.

Объем камер аналога – 6 м³.

Расчет был проведен по формуле

$$P_1/P_2 = (N_1/N_2)^n, \quad (\text{П } 1.3)$$

где P_1 – стоимость объекта; $P_2 = 86 200$ – стоимость аналога; $K_1 = 0,85$ – коэффициент учитывающий дополнительное оборудование аналога (комплект труб и приборов);

$N_1 = 30 \text{ м}^3$ – объем камер оцениваемого оборудования; $N_2 = 6 \text{ м}^3$ – объем камер аналога; $n = 0,65$ – коэффициент "торможения цены".

Стоимость оборудования с учетом поправки на техническую сопоставимость 208 572 руб.

б) Поправка на износ.

Физический износ оцениваемого оборудования по данным затратного подхода составляет 20%. Поправку на износ рассчитываем по формуле

$$P_{из} = (100\% - I_{об}) / (100\% - I_{ан}), \quad (\text{П } 1.4)$$

где $I_{об} = 20\%$ – износ объекта; $I_{ан} = 0\%$ – износ аналога.

Поправка на износ – 0,8.

Стоимость оборудования с учетом поправки на износ 166 856 руб.

Методом сравнения продаж принимаем стоимость холодильной установки равной 170 000 руб.

Расчет стоимости холодильного шкафа

В качестве аналога была выбрана холодильный шкаф ШХ-04.

Данное оборудование реализуется МУП "АМУРТОРГТЕХНИКА". По состоянию на 20.02.2001 г. цена реализации с учетом НДС составляет 14 200 руб.

Расчет поправок

а) Поправка на износ.

Физический износ оцениваемого оборудования по данным затратного подхода составляет 40%. Расчет поправки на износ производим по формуле (П1.4). Поправка на износ равняется 0,6.

Стоимость оборудования с учетом поправки на физический износ: 8520 руб.

По сравнению с оцениваемым холодильным шкафом, аналог является более современным, поэтому вводим поправку на моральное устаревание. Поправку на моральное устаревание принимаем 0,8 (см. затратный подход).

Стоимость оборудования с учетом поправки на моральное устаревание: 6816 руб.

Методом сравнения продаж принимаем стоимость холодильного шкафа равной 6800 руб.

Расчет стоимости калориметра

В связи с отсутствием сопоставимых аналогов расчет стоимости рыночным методом не производился. Принимаем в качестве рыночной стоимость, рассчитанную в затратном методе, – 10 500 руб.

Расчет стоимости термодымовых камер с дымогенераторами

В связи с отсутствием маркировок на оцениваемом оборудовании затруднен подбор сопоставимых аналогов, в связи с чем расчет стоимости рыночным методом не производился. Принимаем в качестве рыночной стоимость, рассчитанную в затратном методе:

новые термодымовые камеры – 80 800 руб. за единицу оборудования;

новые дыморегуляторы – 9800 руб. за единицу оборудования;

нерабочие термодымовые камеры – 34 800 руб. за единицу оборудования;

дыморегулятор – 7000 руб.

Расчет стоимости вакуумного шприца

Для расчета стоимости шприца были подобраны два аналога:

1) шприц вакуумный 221 ФШ-100, стоимостью 89 284 руб.;

2) шприц вакуумный 221 ФШ-150-02, стоимостью 239 930 руб.

Данное оборудование производится на заводе "КРАСМАШ".

Расчет поправок

Характеристики	Оцениваемое оборудование	Аналоги	
Марка	ФШ-100	ФШ-100	ФШ-150-02
Стоимость, руб.		89 284	239 930
Вместимость бункера, л	100	100	150
Поправка на техническую сопоставимость (П1.3)	—	—	$(100/150)^{0,8}$
Величина поправки	—	—	0,723
Скорректированная стоимость	—	89 284	173 465
Физический износ, %	20	0	0
Поправка на физический износ	—	0,8	0,8
Скорректированная стоимость	—	71 427	138 772
Поправка на моральное устаревание	—	—	0,8
Скорректированная стоимость	—	71 427	111 018
Весовой коэффициент	—	2	1
Скорректированная стоимость	—	84 623	

Методом сравнения продаж принимаем стоимость вакуумного шприца равной 84 600 руб.

Расчет стоимости шпигорезной машины

В качестве аналога была выбрана шпигорезная машина 221 ФШ-010.

Данное оборудование производится на заводе "КРАСМАШ". Стоимость аналога по состоянию на 01.02.2001 г. составляет 101 207 руб.

Расчет поправок

Характеристики	Оцениваемое оборудование	Аналог
Стоимость, руб.		101 207
Физический износ, %	65	0
Поправка на физический износ		0,35
Скорректированная стоимость		35 422
Поправка на моральное устаревание	—	0,8
Скорректированная стоимость		28 338

Методом сравнения продаж принимаем стоимость шпигорезной машины равной 28 300 руб.

Расчет стоимости мясорубки "Волчок"

В качестве аналога был выбран волчок вакуумный 221 ФВ-012.

Данное оборудование производится на заводе "КРАСМАШ". Стоимость аналога по состоянию на 01.02.2001 г. составляет 128 763 руб.

Расчет поправок

Характеристики	Оцениваемое оборудование	Аналог
Стоимость, руб.		128 763
Производительность, кг/ч	200	2500
Поправка на техническую сопоставимость (П1.3)		$(200/2500)^{0,8}$

Окончание таблицы

Характеристики	Оцениваемое оборудование	Аналог
Значение поправки		0,1325
Скорректированная стоимость		17 071
Физический износ, %	50	0
Поправка на физический износ		0,5
Скорректированная стоимость		8536
Поправка на моральное устаревание	—	0,8
Скорректированная стоимость		6828

Методом сравнения продаж принимаем стоимость мясорубки равной 6800 руб.

Расчет стоимости фаршемешалки

В качестве аналога была выбрана фаршемешалка вакуумная 221ФМВ-015.

Данное оборудование производится на заводе "КРАСМАШ". Стоимость аналога по состоянию на 01.02.2001 г. составляет 110 514 руб.

Расчет поправок

Характеристики	Оцениваемое оборудование	Аналог
Стоимость, руб.		110514
Производительность, кг/ч	200	700
Поправка на техническую сопоставимость (П1.3)		$(200/700)^{0,8}$
Величина поправки		0,367
Скорректированная стоимость		40 566
Физический износ	50%	0 %
Поправка на физический износ		0,5
Скорректированная стоимость		20 283
Поправка на моральное устаревание	—	0,8
Скорректированная стоимость		16 226

Методом сравнения продаж принимаем стоимость мясорубки равной 16 250 руб.

Расчет стоимости электросковороды

В связи с отсутствием сопоставимых аналогов расчет стоимости рыночным методом не производился. Принимаем в качестве рыночной стоимость, рассчитанную в затратном методе, – 17 500 руб.

Расчет стоимости обвалочного стола

В качестве аналога был выбран стол для обвалки и жиловки мяса стоимостью 4700 руб. 1800/800/1000 мм.

Данное оборудование реализуется фирмой КОМ-М&МАПО МИГ.

Расчет поправок

Характеристики	Оцениваемое оборудование	Аналог
Стоимость, руб.		4700
Поправка на местоположение (затраты на доставку)		1,06

Окончание таблицы

Характеристики	Оцениваемое оборудование	Аналог
Скорректированная стоимость		4982
Физический износ, %	20	0
Поправка на физический износ		0,8
Скорректированная стоимость		3985

Методом сравнения продаж принимаем стоимость обвального стола равной 4000 руб.

Расчет стоимости производственного стола

В качестве аналога был выбран разделочный стол из нержавеющей стали.

Данное оборудование реализуется МУП "АМУРТОРГТЕХНИКА". По состоянию на 20.02.2001 г. цена реализации с учетом НДС составляет 2520 руб.

Расчет поправок

Характеристики	Оцениваемое оборудование	Аналог
Стоимость, руб.		2520
Длина	1500	900
Поправка на техническую сопоставимость (П1.3)		$(1500/900)^{0,8}$
Значение поправки		1,5
Скорректированная стоимость		3792
Физический износ, %	20	0
Поправка на физический износ		0,8
Скорректированная стоимость		3034

Методом сравнения продаж принимаем стоимость производственного стола равной 3000 руб.

Расчет стоимости подъемника на шприц вакуумный

Для расчета стоимости подъемника был подобран аналог: загрузочное устройство ФО-1,5(0.1) стоимостью 50 168 руб.

Данное оборудование производится на заводе "КРАСМАШ".

Расчет поправок

Характеристики	Оцениваемое оборудование	Аналоги
Марка		ФО-1,5(0.1)
Стоимость, руб.		50 168
Емкость, л	100	200
Поправка на техническую сопоставимость (П1.3)		$(100/200)^{0,8}$
Величина поправки		0,57
Скорректированная стоимость		28 814
Физический износ, %	20	0
Поправка на физический износ		0,8
Скорректированная стоимость		23051

Методом сравнения продаж принимаем стоимость подъемника на вакуумный шприц равной 23 000 руб.

Расчет стоимости шкафа жарочного

Для расчета стоимости подъемника были подобраны два аналога:

1) ШПЭСМ-3, стоимостью 25 000 руб. Данное оборудование реализуется МУП "АМУРТОРГТЕХНИКА".

2) ШПЗ-3, стоимостью 20 100 руб. Данное оборудование реализуется ОАО АСЗ завод "Парус".

Расчет поправок

Характеристики	Оцениваемое оборудование	Аналоги	
Марка	ШПЭ-2	ШПЭМ-3	ШПЗ-3
Стоимость, руб.		25 000	20 100
Поправка на физический износ		0,7	0,7
Скорректированная стоимость		17 500	14700
Весовой коэффициент		1	2
Скорректированная стоимость		15 6333	

Методом сравнения продаж принимаем стоимость шкафа равной 15 600 руб.

Расчет стоимости варочных котлов

Для расчета стоимости подъемника были подобран аналог — котел варочный 221 ФД-200 стоимостью 71 800 руб.

Данное оборудование производится на заводе "КРАСМАШ".

Расчет поправок

Характеристики	Оцениваемое оборудование		Аналоги
Марка	КПЭ-250	КПЭ-250	221 ФД-200
Стоимость, руб.			71 800
Поправка на местоположение (затраты на доставку)			1,06
Скорректированная стоимость			76 108
Величина физического износа, %	15	65	0
Поправка на физический износ	0,85	0,35	
Скорректированная стоимость	64 692	26 638	
Поправка на функциональный износ	0,8	0,8	
Скорректированная стоимость	51754	21 310	

Методом сравнения продаж принимаем стоимость котла варочного (работающего) равной 51 700 руб., нерабочего – 21 300 руб.

Расчет стоимости стеллажей для размораживания мяса

В связи с отсутствием сопоставимых аналогов расчет стоимости рыночным методом не производился. Принимаем в качестве рыночной стоимость, рассчитанную в затратном методе, – 12 850 руб. за единицу оборудования.

Расчет стоимости куттера

В качестве аналога был выбран куттер 221ФИ-080.

Данное оборудование производится на заводе "КРАСМАШ". Стоимость аналога по состоянию на 01.02.2001 г. составляет 277 738 руб.

Расчет поправок

Характеристики	Оцениваемое оборудование	Аналог
Стоимость, руб.		277 738
Марка ЛБФКМ	ЛБФКМ	221ФИ-080
Поправка на местоположение (затраты на доставку)		1,06
Скорректированная стоимость		294 402
Физический износ, %	30	0
Поправка на физический износ		0,7
Скорректированная стоимость		206 082
Поправка на моральное устаревание	—	0,8
Скорректированная стоимость		164 865

Методом сравнения продаж принимаем стоимость куттера равной 165 000 руб.

Расчет стоимости монорельсовых весов

В связи с отсутствием сопоставимых аналогов расчет стоимости рыночным методом не производился. Принимаем в качестве рыночной стоимость, рассчитанную в затратном методе, – 18 800 руб.

Расчет стоимости напольных весов

В связи с отсутствием сопоставимых аналогов расчет стоимости рыночным методом не производился. Принимаем в качестве рыночной стоимость, рассчитанную в затратном методе, – 1400 руб. за единицу оборудования.

Расчет стоимости подвесных путей

В связи с отсутствием сопоставимых аналогов расчет стоимости рыночным методом не производился. Принимаем в качестве рыночной стоимость, рассчитанную в затратном методе, – 17 700 руб. за единицу оборудования.

Расчет стоимости емкостей

В качестве аналога выбрана емкость 500 л стоимостью на 22.08.1999 г. 15 400 руб. Данное оборудование реализуется МК "Луч".

Расчет поправок

Характеристики	Оцениваемое оборудование	Аналог
Стоимость, руб.		15 400
Поправка на дату продажи		1,5
Скорректированная стоимость		23 100
Поправка на местоположение (затраты на доставку)		1,06
Скорректированная стоимость		24 486
Поправка на техническую сопоставимость (П1.3)		$(100/500)^{0,8}$
Величина поправки		0,276
Скорректированная стоимость		6757
Физический износ, %	20	0
Поправка на физический износ		0,8
Скорректированная стоимость		5405

Методом сравнения продаж принимаем стоимость одной емкости равной 5400 руб. Результаты расчета сведены в табл. П1.4.

Таблица П1.4. Результаты расчета стоимости оборудования методом сравнения продаж

№ п/п	Оборудование	Стоимость, руб.
1	Холодильная установка 3-камерная	77 800
2	Холодильная камера, 5 т, низкотемпературная	177 000
3	Шкаф холодильный	6 800
4	Калориметр КРК-2	10 500
5	Термодымовая камера	80 800
6	Термодымовая камера	80 800
7	Термодымовая камера	80 800
8	Дыморегулятор	9 800
9	Дыморегулятор	9 800
10	Дыморегулятор	9 800
11	Термодымовая камера	34 800
12	Термодымовая камера	34 800
13	Дыморегулятор	7 000
14	Шприц на 100 л	84 600
15	Шпигорезка	28 300
16	Мясорубка "Волчок"	6 800
17	Фаршемешалка	16 250
18	Электросковорода	17 500
19	Обвалочный стол	4 000
20	Стол производственный (нержавеющий)	3 000
21	Подъемник на шприц вакуумный	23 000
22	Жарочный шкаф 3-секционный	15 600
23	Котел варочный	51 700
24	Котел варочный	21 300
25	Стеллаж для размораживания сырья	12 850
26	Стеллаж для размораживания сырья	12 850
27	Куттер	165 000
28	Монорельсовые весы	18 800
29	Напольные весы	1 400
30	Напольные весы	1 400
31	Напольные весы	1 400
32	Подвесные пути для разгрузки мяса	17 700
33	Емкость 100 л	5 400
34	Емкость 100 л	5 400
35	Емкость 100 л	5 400
36	Емкость 100 л	5 400
37	Емкость 100 л	5 400
ИТОГО		1 150 950

5. Определение рыночной стоимости имущества с использованием доходного подхода

Определение стоимости осуществляем по формуле

$$C = \frac{D}{R_{\text{кап}} + A},$$

где C – стоимость, определенная доходным подходом; D – чистый операционный доход; $R_{\text{кап}}$ – ставка капитализации; A – коэффициент амортизации (возврата капитала).

Определение ставки капитализации

Средняя банковская ставка по депозитным вкладам

Банк, наименование	Длительность вклада, лет	Эффективная ставка, % в год
Конскагропромбанк	1	20
Сбербанк	1	14
Средняя ставка 17%		

Расчет поправки на риск вложения в производство и ликвидность

Факторы риска

Вид и наименование риска	Категория риска	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Систематический риск											
Ухудшение общей экономической ситуации	Динамичный					×					
Увеличение числа конкурирующих объектов	Динамичный									×	
Изменение федерального или местного законодательства	Динамичный								×		
Несистематический риск											
Природные и антропогенные чрезвычайные ситуации	Статичный						×				
Неполучение арендных платежей	Динамичный				×						
Неэффективный менеджмент	Динамичный					×					
Криминогенные факторы	Динамичный								×		
Финансовые проверки	Динамичный								×		
Неправильное оформление договоров аренды	Динамичный				×						
Количество наблюдений					1	2	2		3	1	
Средневзвешенное значение		6,6									

Таким образом, поправку на риск вложения в оборудование мы принимаем равной 6,6%.

Поправка на ликвидность принимается равной 4,4%, что соответствует 2 месяцам экспонирования при продаже оборудования.

С учетом рисков и поправок ставка капитализации составит 28%.

Анализ дисконтированных потоков наличности

Характеристики	Значение
Проектная мощность, кг: в сутки в год	1 000 340 000
Потенциальный валовой доход, руб.	27 200 000
Коэффициент загрузки оборудования	0,8
Действительный валовой доход, руб.	21 760 000
Рентабельность производства, %	5
Чистый операционный доход (ЧОД), руб.	1 088 000
Ставка капитализации, %	28
Ставка амортизации, %	10
Стоимость оборудования, руб.	2 863 158
Принятая стоимость, руб.	2 900 000

Далее необходимо выделить удельный вес каждой отдельной единицы оборудования в общей капитализированной стоимости. Для это определим средний удельный вес в суммарной стоимости по затратному и рыночному подходу (табл. П1.5).

Таблица П1.5. Удельный вес оборудования (приближенный) в капитализированной стоимости

Наименование оборудования	Стоимость по затратному методу	Удельный вес стоимости оборудования	Стоимость по рыночному методу	Удельный вес стоимости оборудования	Средний удельный вес стоимости оборудования	Стоимость по доходному методу	Принятая стоимость
Холодильная установка	77 760	0,0816	77 800	0,0676	0,0746	216 379	216 000
Холодильная камера, 5 т	200 448	0,2104	177 000	0,1538	0,1821	528 106	528 000
Шкаф холодильный	12 442	0,0131	6 800	0,0059	0,0095	27 506	27 500
Калориметр КРК-2	10 465	0,0110	10 500	0,0091	0,0101	29 158	29 000
Термодымовая камера	80 814	0,0848	80 800	0,0702	0,0775	224 807	225 000
Термодымовая камера	80 814	0,0848	80 800	0,0702	0,0775	224 807	225 000
Термодымовая камера	80 814	0,0848	80 800	0,0702	0,0775	224 807	225 000
Дыморегулятор	9 768	0,0103	9 800	0,0085	0,0094	27 215	27 000
Дыморегулятор	9 768	0,0103	9 800	0,0085	0,0094	27 215	27 000
Дыморегулятор	9 768	0,0103	9 800	0,0085	0,0094	27 215	27 000
Термодымовая камера	34 884	0,0366	34 800	0,0302	0,0334	96 942	97 000
Термодымовая камера	34 884	0,0366	34 800	0,0302	0,0334	96 942	97 000

Наименование оборудования	Стоимость по затратному методу	Удельный вес стоимости оборудования	Стоимость по рыночному методу	Удельный вес стоимости оборудования	Средний удельный вес стоимости оборудования	Стоимость по доходному методу	Принятая стоимость
Дыморегулятор	6 977	0,0073	7 000	0,0061	0,0067	19 439	19 000
Шприц на 100 л	33 195	0,0348	84 600	0,0735	0,0542	157 110	157 000
Шпигорезка	17 479	0,0183	28 300	0,0246	0,0215	62 259	62 000
Мясорубка "Волчок"	3 488	0,0037	6 800	0,0059	0,0048	13 876	14 000
Фаршемешалка	25 358	0,0266	16 250	0,0141	0,0204	59 071	59 000
Электросковорода	17 496	0,0184	17 500	0,0152	0,0168	48 679	49 000
Обвалочный стол	3 594	0,0038	4 000	0,0035	0,0036	10 510	10 500
Стол производственный	4 700	0,0049	3 000	0,0026	0,0038	10 934	11 000
Подъемник на шприц вакуумный	21 738	0,0228	23 000	0,0200	0,0214	62 065	62 000
Жарочный шкаф 3-секционный	14 394	0,0151	15 600	0,0136	0,0143	41 563	42 000
Котел варочный	12 485	0,0131	51 700	0,0449	0,0290	84 137	84 000
Котел варочный	5 141	0,0054	21 300	0,0185	0,0120	34 660	35 000
Стеллаж для дефростации сырья	12 852	0,0135	12 850	0,0112	0,0123	35 752	36 000
Стеллаж для дефростации сырья	12 852	0,0135	12 850	0,0112	0,0123	35 752	36 000
Куттер	47 295	0,0496	165 000	0,1434	0,0965	279 863	280 000
Монорельсовые весы	18 801	0,0197	18 800	0,0163	0,0180	52 303	52 300
Напольные весы	1 404	0,0015	1 400	0,0012	0,0013	3 901	3 900
Напольные весы	1 404	0,0015	1 400	0,0012	0,0013	3 901	3 900
Напольные весы	1 404	0,0015	1 400	0,0012	0,0013	3 901	3 900
Подвесные пути	17 662	0,0185	17 700	0,0154	0,0170	49 184	49 000
Емкость 100 л	6 048	0,0063	5 400	0,0047	0,0055	16 009	16 000
Емкость 100 л	6 048	0,0063	5 400	0,0047	0,0055	16 009	16 000
Емкость 100 л	6 048	0,0063	5 400	0,0047	0,0055	16 009	16 000
Емкость 100 л	6 048	0,0063	5 400	0,0047	0,0055	16 009	16 000
Емкость 100 л	6 048	0,0063	5 400	0,0047	0,0055	16 009	16 000
ИТОГО	952 586	1,0000	1150 950	1,0000	1,0000	2900 000	2900 000

6. Согласование результатов

При оценке стоимости в соответствии с общепринятыми нормами были проанализированы три основных подхода определения стоимости оборудования: затратный, рыночный, доходный. Результаты, полученные этими методами, демонстрируют некоторый разброс значений, что закономерно: затратный подход – 952 586 руб., рыночный –

1 150 900 руб., доходный – 2 900 000 руб. Для того чтобы дать заказчику как можно более четкий и однозначный ответ относительно стоимости оборудования, было проведено итоговое согласование значений. При выводе итоговой стоимости исполнитель прежде всего руководствовался целью оценки, а также качеством и количеством исходной информации по каждому методу. В качестве параметров сравнения принимаем следующие:

- возможность отразить действительные намерения потенциального инвестора и продавца;
- тип, качество и обширность данных, на основе которых проводится анализ;
- способность параметров используемых методов учитывать конъюнктурные колебания;
- способность учитывать специфические особенности объекта, влияющие на его стоимость (местоположение, размер, потенциальная доходность и др.).

В затратном подходе наиболее полно были учтены рост цен на оборудование, а также особенности изменения стоимости оборудования с учетом накопленного износа. Данные, используемые в затратном подходе (предоставленные заказчиком), взяты из бухгалтерских документов.

Что касается рыночного метода (метода сравнения продаж), в данной ситуации он менее адекватен, чем затратный, так как целью оценки является определение рыночной стоимости оборудования с различной степенью ликвидности.

Кроме того, частичное отсутствие необходимой информации о технических характеристиках оборудования значительно затруднило выбор аналогов.

При применении доходного метода необходимо учитывать тенденцию к сокращению производства колбасной продукции в городе в результате внешней экономической ситуации.

Исходя из вышеизложенного и руководствуясь своим опытом и профессиональными знаниями, оценщик счел возможным придать следующие удельные веса величинам стоимостей, полученных различными методами: затратный подход – 60%, рыночный – 30%, доходный – 10%. Результаты согласования приведены в табл. П1.6.

Таблица П1.6. Расчет согласованной стоимости оборудования

Наименование оборудования	Вес затратного подхода		Вес рыночного подхода		Вес доходного подхода		Стоимость оборудования
	д.е.	руб.	д.е.	руб.	д.е.	руб.	
Холодильная установка	0,6	46 656	0,3	23 340	0,1	21 600	91 596
Холодильная камера, 5 т	0,6	120 269	0,3	53 100	0,1	52 800	226 169
Шкаф холодильный	0,6	7 465	0,3	2 040	0,1	2 750	12 255
Калориметр КРК-2	0,6	6 279	0,3	3 150	0,1	2 900	12 329
Термодымовая камера	0,6	48 488	0,3	24 240	0,1	22 500	95 228
Термодымовая камера	0,6	48 488	0,3	24 240	0,1	22 500	95 228
Термодымовая камера	0,6	48 488	0,3	24 240	0,1	22 500	95 228
Дыморегулятор	0,6	5 861	0,3	2 940	0,1	2 700	11 501
Дыморегулятор	0,6	5 861	0,3	2 940	0,1	2 700	11 501
Дыморегулятор	0,6	5 861	0,3	2 940	0,1	2 700	11 501
Термодымовая камера	0,6	20 930	0,3	10 440	0,1	9 700	41 070
Термодымовая камера	0,6	20 930	0,3	10 440	0,1	9 700	41 070
Дыморегулятор	0,6	4 186	0,3	2 100	0,1	1 900	8 186
Шприц на 100 л	0,6	19 917	0,3	25 380	0,1	15 700	60 997
Шпигорезка	0,6	10 487	0,3	8 490	0,1	6 200	25 177

Окончание таблицы П1.6

Наименование оборудования	Вес затратного подхода		Вес рыночного подхода		Вес доходного подхода		Стоимость оборудования
	д.е.	руб.	д.е.	руб.	д.е.	руб.	
Мясорубка "Волчок"	0,6	2 093	0,3	2 040	0,1	1 400	5 533
Фаршемешалка	0,6	15 215	0,3	4 875	0,1	5 900	25 990
Электросковорода	0,6	10 498	0,3	5 250	0,1	4 900	20 648
Обвалочный стол	0,6	2 156	0,3	1 200	0,1	1 050	4 406
Стол производственный	0,6	2 820	0,3	900	0,1	1 100	4 820
Подъемник на шприц В47	0,6	13 043	0,3	6 900	0,1	6 200	26 143
Жарочный шкаф 3-секционный	0,6	8 636	0,3	4 680	0,1	4 200	17 516
Котел варочный	0,6	7 491	0,3	15 510	0,1	8 400	31 401
Котел варочный	0,6	3 085	0,3	6 390	0,1	3 500	12 975
Стеллаж для дефростации сырья	0,6	7 711	0,3	3 855	0,1	3 600	15 166
Стеллаж для дефростации сырья	0,6	7 711	0,3	3 855	0,1	3 600	15 166
Куттер	0,6	28 377	0,3	49 500	0,1	28 000	105 877
Монорельсовые весы	0,6	11 281	0,3	5 640	0,1	5 230	22 151
Напольные весы	0,6	842	0,3	420	0,1	390	1 652
Напольные весы	0,6	842	0,3	420	0,1	390	1 652
Напольные весы	0,6	842	0,3	420	0,1	390	1 652
Подвесные пути	0,6	10 597	0,3	5 310	0,1	4 900	20 807
Емкость 100 л	0,6	3 629	0,3	1 620	0,1	1 600	6 849
Емкость 100 л	0,6	3 629	0,3	1 620	0,1	1 600	6 849
Емкость 100 л	0,6	3 629	0,3	1 620	0,1	1 600	6 849
Емкость 100 л	0,6	3 629	0,3	1 620	0,1	1 600	6 849
ИТОГО							1 206 838

7. Итоговое заключение о рыночной стоимости имущества

Результаты расчета стоимости оборудования сведены в табл. П1.7.

Таблица П1.7. Результаты расчета стоимости оборудования

№ п/п	Оборудование	Стоимость, руб.
1	Холодильная установка 3-камерная	92 000
2	Холодильная камера, 5 т, низкотемпературная (пр-во Японии)	226 200
3	Шкаф холодильный	12 000
4	Калориметр КРК-2	12 000
5	Термодымовая камера	95 000
6	Термодымовая камера	95 000
7	Термодымовая камера	95 000
8	Дыморегулятор	11 500
9	Дыморегулятор	11 500

Окончание таблицы П1.7

№ п/п	Оборудование	Стоимость, руб.
10	Дыморегулятор	11 500
11	Термодымовая камера	41 000
12	Термодымовая камера	41 000
13	Дыморегулятор	8 200
14	Шприц на 100 л	61 000
15	Шпигорезка	25 000
16	Мясорубка "Волчок"	5 500
17	Фаршемешалка	26 000
18	Электросковорода	21 000
19	Обвалочный стол	4 400
20	Стол производственный (нержавеющий)	4 800
21	Подъемник на шприц вакуумный	26 000
22	Жарочный шкаф 3-секционный	17 500
23	Котел варочный	31 400
24	Котел варочный	13 000
25	Стеллаж для размораживания сырья	15 000
26	Стеллаж для размораживания сырья	15 000
27	Куттер	106 000
28	Монорельсовые весы	22 000
29	Напольные весы	1 700
30	Напольные весы	1 700
31	Напольные весы	1 700
32	Подвесные пути для разгрузки мяса	21 000
33	Емкость 100 л	7 000
34	Емкость 100 л	7 000
35	Емкость 100 л	7 000
36	Емкость 100 л	7 000
37	Емкость 100 л	7 000
ИТОГО		1 206 600

На основании имеющейся (полученной) информации и данных, полученных в результате проведения настоящего анализа с применением методик оценки, можно сделать следующее заключение:

Рыночная стоимость 37 (тридцати семи) единиц оцениваемого оборудования по состоянию на 15 января 2001 г. составляет

1 206 600 руб.

(один миллион двести шесть тысяч шестьсот рублей).

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ

1. Токарные станки

Таблица П2.1. Токарно-револьверные и фасонно-отрезные одношпиндельные прутковые автоматы (размеры в мм)

Параметры	1Е116; 1Е116П	1Е140; 1Е140П	1Е165; 1Е165П	11Ф16	11Ф40
Наибольший диаметр обрабатываемого прутка	16	40	65	16*	40
Число поперечных суппортов	4	4	4	3	3
Частота вращения шпинделя, об/мин:					
левого вращения	90–4000	85–2500	40–1600	180–3550	125–2500
правого вращения	45–500	40–315	20–250	180–1800	125–1250
Мощность главного привода, кВт	3	5,5	7,5	3	5,5
Габаритные размеры:					
длина	1760	2160	2160	1315	1775
ширина	775	1000	1200	780	1000
высота	1585	1510	1700	1460	1600
Масса (без электрошкафа, поддерживающего устройства для прутка), кг	1330	2210	2855	970	1790

*На фасонно-отрезном автомате 11Ф16 возможна обработка прутков диаметром 18 мм.

Таблица П2.2. Токарные одношпиндельные автоматы продольного точения (размеры в мм)

Параметры	1103; 1103А	1М06В; 1М06А	1М10В; 1М10А	ИТ16В	1М32В
Наибольший диаметр:					
обрабатываемого прутка	4	6	10	16	32
сверления:					
по стали	2	3,4	6	7	12
по латуни	2,5	4,5	7	9	14
нарезаемой резьбы:					
по стали	М2	М3, М4	М2, М5	М6, М8	М14
по латуни	М3	М4, М5	М2, М6	М10, М12	М18
Мощность главного привода, кВт	1	1,5	2,2	3	3,1/4,7
Габаритные размеры (без поддерживающей трубы):					
длина	1050	1250	1460	1900	2360
ширина	960	810	870	945	1150
высота	1345	1450	1450	1520	1630
Масса, кг	400	650	840	1200	1700

Таблица П2.3. Токарные многошпиндельные горизонтальные прутковые автоматы (размеры в мм)

Параметры	1216-4К	1Б240-4К	1Б265-4К	1216-6К	1Б255-6К
Наибольший диаметр обрабатываемого прутка	20	50	80	16	25
Число шпинделей	4	4	4	6	6
Мощность главного привода, кВт	7,5	12	30	7,5	15
Габаритные размеры:					
длина	5385	6170	5460	5385	5828
ширина	1000	1750	1830	1000	1336
высота	1520	1985	2170	1520	1920
Масса, кг	4000	10000	14500	4000	6500

Таблица П2.4. Токарные многошпиндельные горизонтальные патронные полуавтоматы (размеры в мм)

Параметры	1Б265П-4К	1Б290П-4К	1Б255П-6К	1Б265П-6К	1Б290П-6К
Наибольший диаметр патрона	200	250	100	160	200
Число шпинделей	4	4	6	6	6
Число поперечных суппортов	4	4	5	5	5
Мощность главного привода, кВт	30	30–40	15	30	30–40
Габаритные размеры:					
длина	4675	4785	4105	4675	4785
ширина	1690	1690	1320	1690	2160
высота	2170	2170	1920	2170	2475
Масса, кг	14500	14500	5800	14500	18400
Примечание:	Все полуавтоматы повышенной точности.				

Таблица П2.5. Токарные многошпиндельные вертикальные полуавтоматы (размеры в мм)

Параметры	1К282	1283	1Б284
Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки	250	400	360
Число шпинделей	8	8	6
Число суппортов	7	7	5
Мощность главного привода, кВт	22, 30, 40, 50	22, 30, 40, 55, 75, 100	22 или 30
Габаритные размеры:			
длина	3070	3252	3285
ширина	2945	3065	2987
высота	3872	3942	4040
Масса, кг	19000	20500	15000

Таблица П2.6. Токарно-револьверные станки и полуавтоматы (размеры в мм)

Параметры	1Е316	1Г325	1Г325П	1В340Ф30
Наибольший диаметр обрабатываемого прутка	18	25	25	40
Наибольший диаметр изделия устанавливаемого над станиной		320	320	400
Мощность электродвигателя главного привода, кВт	1,7 или 2,2	2,6 или 3	3,2 или 5,3	6,0 или 6,2
Габаритные размеры:				
длина	3662	3980	4015	2840
ширина	751	1000	1000	1770
высота	1610	1555	1500	1670
Масса, кг	1900	1300	1690	3600

Таблица П2.7. Токарно-револьверные станки и полуавтоматы (размеры в мм)

Параметры	1Е365ПФ3	1365	1416Ц	1П416Ф3	1П462Ф3
Наибольший диаметр обрабатываемого прутка	65	65	—	—	—
Наибольший диаметр изделия устанавливаемого над станиной	500	500	—	—	500
Мощность электродвигателя главного привода, кВт	15	13	5,5	4,2 или 6,3	22
Габаритные размеры:					
длина	3400	5360	2105	1970	3550
ширина	1700	1500	1405	1150	2400
высота	1530	1530	1875	2040	—
Масса, кг	4200	4500	3250	4500	1900
Примечания.					
1. Станок мод. 1П416Ф3 – вертикальной компоновки.					
2. Станки с ЧПУ мод. 1Е365ПФ3, 1П416Ф3, 1П426Ф3 выполняются с двумя управляемыми координатами по программе.					

Таблица П2.8. Токарно-карусельные станки (размеры в мм)

Параметры	1512	1А512МФ3	1516	1516Ф1	1А516МФ3
Наибольшие параметры обрабатываемой заготовки:					
диаметр	1250	1450	1600	1600	1800
высота	1000	1000	1000	1000	1600
масса, кг	4000	6300	5000	6300	10000
Диаметр планшайбы	1120	1120	1400	1400	1400
Мощность электродвигателя главного привода, кВт	30	55	30	30	75
Габаритные размеры:					
длина	2875	5050	31	3170	5200
ширина	2660	3950	3360	3025	3950

Окончание таблицы П2.8

Параметры	1512	1А512МФ3	1516	1516Ф1	1А516МФ3
высота	4100	4790	4100	4100	4790
Масса, кг	16500	26000	19200	21000	27000

Таблица П2.9. Токарно-карусельные станки (размеры в мм)

Параметры	1540	1550	1580Л	1Л532	1563
Наибольшие параметры обрабатываемой заготовки:					
диаметр	4000	5000	8000	3200	6300
высота	2000	2500	3200	1600	3200
масса, кг	63000	63000	125000	16000	125000
Диаметр планшайбы	4000	4500	7100	2800	6300
Мощность электродвигателя главного привода, кВт	125	125	125	55	125
Габаритные размеры:					
длина	5920	6560	8615	5485	8213
ширина	10144	11410	17600	6040	14200
высота	7200	8400	9765	4910	9765
Масса, кг	100000	140500	248000	43000	223000

Таблица П2.10. Токарно-винторезные и токарные станки (размеры в мм)

Параметры	16Б05П	16Б16А	16Б16Т1	16Л20: 16Л20П	16К20: 16К20П
Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки:					
над станиной	250	320	320	400	400
над суппортом	145	180	125	210	220
Мощность электродвигателя главного привода, кВт	1,5	2,8; 4,6	4,2; 7,1	3,8; 6,3	11
Габаритные размеры (без ЧПУ):					
длина	1510	2280	3100	2920	2505–3795
ширина	725	1060	1390	1035	1190
высота	1360	1485	1870	1450	1500
Масса, кг	715	2100	2350	2050	2835–3685

2. Сверлильные и расточные станки

Таблица П2.11. Координатно-расточные станки (размеры в мм)

Параметры	2Е440А	2455	2Б460А 2Е460А	2Е470А
Размеры рабочей поверхности стола	400×710	430×900	1000×1600	1400×2240
Наибольшая масса обрабатываемого изделия, кг	320	800	2000	2500
Наибольший диаметр:				
сверления в стали	25	30	40	40

Окончание таблицы П2.11

Параметры	2Е440А	2455	2Б460А 2Е460А	2Е470А
расточивания (или шлифования)	250	250	320	320
Мощность электродвигателя привода главного движения, кВт	4,5	4,5	2,3; 3,9	2,3; 3,9
Габаритные размеры:				
длина	2440	2910	4665	6015
ширина	2195	2240	3440	4060
высота	2385	2680	4170	4610
Масса, кг	3400	7000	17000	33000

3. Шлифовальные станки

Таблица П2.12. Внутршлифовальные станки (размеры в мм)

Параметры	3К225В 3К225А	3К227В 3К227А	3К228В 3К228А	3К229В	СШ162	СШ64
Наибольший диаметр:						
устанавливаемой заготовки	200	400	560	800	—	—
устанавливаемой заготовки в кожухе	100	250	400	630	300	—
Диаметр шлифуемых отверстий	3–25	5–150	50–200	100–400	60–125	100–150
Наибольший диаметр и высота шлифовального круга	25×25	80×50	180×63	200×63	В зависимости от наладки	120×50
Мощность электродвигателя привода шлифовального круга, кВт	0,76 (бабки заготовки)	4	5,5	7,5	5,5, 7,5	7,5
Габаритные размеры (с приставным оборудованием):						
длина	2225	2815	4005	4630	3225	3900
ширина	1775	1900	2305	2405	2420	1990
высота	—	1750	1870	2000	1500	1800
Масса (с приставным оборудованием), кг	2800	4300	6900	8600	4800	6400
Примечания.						
1. Для станка 3К227А диаметр шлифуемых отверстий 20–150 мм.						
2. Станок СШ162 – специальный полуавтомат для скоростного шлифования, СШ64 – бесцентровый специальный. Станки 3К225А, 3К227А и 3К228А особо высокой точности.						

Таблица П2.13. Шлицшлифовальные станки (размеры в мм)

Параметры	3451	3Б451-II	3452В-V	3П451	МШ314
	3451В	3Б451-IV	3452В-VII		
Наружный (шлифуемый) диаметр шлицевого вала	25–125	14–125	80–400	35–100	14–230
Размеры рабочей поверхности стола	1500×250 2360×250	220×1950 220×2650	540×4280 540×6275	250–1500	220–3250
Мощность электродвигателя привода главного движения, кВт	3	3	6	3	4
Габаритные размеры (с приставным оборудованием):					
длина	2820	3475	9100	2600	6070
	4850	4875	12900		
ширина	1513	1400	2150	1513	1685
высота	1900	1650	2235	1905	1650
Масса (с приставным оборудованием), кг	3900	7180	20500	4180	9347
	6200	8672	27200		

Таблица П2.14. Плоскошлифовальные станки с крестовым (прямоугольным) столом (размеры в мм)

Параметры	3Д722Ф2	3Д723	3Д725 3П725	3Д732Ф1	3П732	3Д733
Размеры рабочей поверхности стола	1250× ×320	1600× ×400	2000× ×600	800×320	1250× ×320	1000× ×400
Наибольшие размеры обрабатываемых заготовок	1250× ×320× ×250	1600× ×400× ×400	2000× ×630× ×630	800× ×320× ×400	800× ×320× ×375	1000× ×400× ×400
Масса обрабатываемых заготовок, кг, не более	700	1000	1500	800	700	1100
Наибольшее расстояние от оси шпинделя до зеркала стола	—	625	880	—	—	—
Мощность электродвигателя главного привода, кВт	15	17	30	22	22	22
Габаритные размеры (с приставным оборудованием):						
длина	4450	4600	6050	4020	3800	4400
ширина	2190	2170	2800	2130	2130	2215
высота	2360	2130	2860	2558	2360	2510
Масса (с приставным оборудованием), кг	8000	9000	15500	8350	7730	8500

Таблица П2.15. Плоскошлифовальные станки с круглым столом (размеры в мм)

Параметры	3Д740В	3Д740А	3П74ШВ	3Д741А	3П756Л	3П772-2
Диаметр устанавливаемой заготовки	40–400	30–400	50–800	50–800	40–1000	40–200

Окончание таблицы П2.15

Параметры	ЗД740В	ЗД740А	ЗП74ШВ	ЗД741А	ЗП756Л	ЗП772-2
Наибольшая высота:						
обрабатываемой заготовки (при номинальном диаметре шлифовального круга)	160	160	200	200	350	250
заготовки наименьшего диаметра, шлифуемой на столе	40	40	50	50	40	40
Масса обрабатываемой заготовки, кг, не более	100	100	200	200	200	—
Диаметр магнитного стола	400	400	800; 200	800; 200	1000	1000
Мощность электродвигателя привода главного движения, кВт	11	7,5	18,5	11	30	30
Габаритные размеры (с приставным оборудованием):						
длина	2350	2350	3050	4200	2840	5340
ширина	1970	2700	2550	2580	2535	4400
высота	2300	2300	2570	2570	2565	2660
Масса (с приставным оборудованием), кг	5800	5300	10340	9700	10300	14800

4. Электрофизические и электрохимические станки

Таблица П2.16. Электроэрозионные, ультразвуковые и электрохимические копировально-прошивочные станки (размеры в мм)

Параметры	4П21М	4Д722А	4Д722АФ1	4Д722АФ3	4Е724	4Д772Э	4422
Размеры рабочей поверхности (или диаметр) стола	200 × ×360	400 × ×630	400 × 630	400 × 630	800 × ×1120	320	250 × ×400
Масса обрабатываемой заготовки, кг, не более	60	100	100	100	2500	100	100
Наибольшая площадь обработки (по стали), мм ²	1500	3000	3000	3000	50000	1200	—
Расстояние от торца осциллирующей головки (или от подэлектродной плиты) до рабочей поверхности стола	190–330	630 (наиб.)	630 (наиб.)	630 (наиб.)	210–710	150–400	315 (наиб.)
Наибольшая производительность (по стали), мм ³ /мин	250	500	500	500	6000	300*; 5000*	6000
Наибольшая потребляемая мощность, кВт	4,4	12,5	12,5	12,5	56,6	6,8	25
Габаритные размеры:							
длина	760	1875	1875	1875	4310	3000	6090

Окончание таблицы П2.16

Параметры	4П21М	4Д722А	4Д722АФ1	4Д722АФ3	4Е724	4Д772Э	4422
ширина	865	1580	1580	1580	3600	2080	3000
высота	1630	2600	2600	2600	3030	2150	—
Масса, кг	1040	4400	4400	4400	8300	2200	10000
*300 – по твердому сплаву; 5000 – по стеклу.							
Примечание. Станок 4422 – электрохимический, станок 4Д772Э – ультразвуковой, остальные – электроэрозионные.							

5. Зубо- и резьбообрабатывающие станки

Таблица П2.17. Зубодолбежные полуавтоматы (размеры в мм)

Параметры	5111	5122	5122Б	5140	5М150	5М161
Наибольший диаметр устанавливаемой заготовки	80	200	200	500	800	1250
Наибольшая ширина нарезаемого венца зубчатого колеса	20	50	30	100	160	160
Наибольший модуль нарезаемого зубчатого колеса	1	5	4,5	8	12	12
Номинальный диаметр устанавливаемого долбяка	40	100	100	100	200	200
Мощность электродвигателя привода главного движения, кВт	1,1	2,1; 3,0	3,7	4,0; 4,5	4,8; 5,7; 7,5	48; 5,7; 7,5
Габаритные размеры с выносным оборудованием:						
длина	1635	2000	2610	1900	4200	4200
ширина	1090	1450	1510	1450	1800	1860
высота	1705	1965	1965	2450	3300	3300
Масса, кг	1770	4400	4500	4400	10800	10900

Таблица П2.18. Зубофрезерные полуавтоматы для цилиндрических колес (размеры в мм)

Параметры	53А30П	5В312	5К324А	53А50	53А80	5К328А
Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки	320	320	500	500	800	1250
Наибольшие размеры нарезаемых колес:						
модуль	6	6	8	8	10	12
длина зуба прямозубых колес	220	180	300	350	350	560

Окончание таблицы П2.18

Параметры	53A30П	5B312	5K324A	53A50	53A80	5K328A
Наибольший диаметр устанавливаемых червячных фрез	160	160	180	200	200	225
Мощность электродвигателя привода главного движения, кВт	3,2; 4,2	7,5	7,5	8; 10; 12,5	8; 10; 12,5	10
Габаритные размеры:						
длина	2300	1790	2500	2670	2897	3580
ширина	1500	1000	1440	1810	1810	1790
высота	1950	2450	2000	2250	2250	2590
Масса, кг	6800	5250	6400	9850	10800	14000

Таблица П2.19. Зубообрабатывающие полуавтоматы для прямозубых конических колес (размеры в мм)

Параметры	5236П	5Т23В	5С268	5С277П	5С286П
Наибольший диаметр обрабатываемого колеса при передаточном отношении пары 10:1	125	125	320	500	800
Наибольший модуль обрабатываемых колес	1,5	1,5	8	12	16
Наибольшая ширина зубчатого венца	20	16	—	80	125
Мощность электродвигателя привода главного движения, кВт	1,1	1,1	10	5,5	7,5
Габаритные размеры:					
длина	1620	1620	2700	3075	3235
ширина	1050	1050	2375	1975	2180
высота	1415	1415	2075	2200	2470
Масса, кг	3000	3000	9000	15000	15000
Примечания.					
1. Полуавтомат 5С277П – зубофрезерный, 5С268 – зубопротяжный, остальные полуавтоматы – зубострогальные.					
2. Угол установки инструментальной бабки для станка 5С268 равен 15–75°					

Таблица П2.20. Зуборезные полуавтоматы для конических колес с круговыми зубьями (размеры в мм)

Параметры	5С263	527В	5С27П	5С280П
Наибольший диаметр обрабатываемого колеса при передаточном отношении пары 10:1	320	500	500	800

Окончание таблицы П2.20

Параметры	5С263	527В	5С27П	5С280П
Наибольший модуль обрабатываемых колес	8	12	12	12
Диаметр зуборезных головок	60, 80, 100, 125, 160, 200, 250	160, 200, 250, 315, 400	160, 200, 250, 315, 400	160, 200, 250, 320, 400, 500
Мощность электродвигателя привода главного движения, кВт	3	4	4	7,5
Габаритные размеры:				
длина	2607	3140	3235	3235
ширина	1925	1975	2180	2180
высота	1870	2200	2200	2200
Масса, кг	8800	13500	13500	15500

Таблица П2.21. Зубошвинговальные и зубохонинговальные полуавтоматы для цилиндрических колес (размеры в мм)

Параметры	5701	5702В	5Б703	BC-B03B	5A913	5A915
Наибольшие размеры обрабатываемого колеса:						
диаметр	125	320	500	550	320	500
длина зуба	40	100	150	140	120	150
Модуль обрабатываемых зубчатых колес	0,3–1,5	1,5–6	2–10	1,5–8	8 (наиб.)	12 (наиб.)
Мощность электродвигателя привода главного движения, кВт	0,9	3	3,2	3,2	3	3,2
Габаритные размеры:						
длина	1450	1820	2260	2260	1650	2260
ширина	870	1500	1265	1265	1460	1450
высота	1695	2120	1930	1930	1620	1930
Масса, кг	1560	5300	4000	4000	3400	4300
Примечания.						
1. Полуавтоматы 5A913 и 5A915 зубохонинговальные, соответственно, горизонтальный и вертикальный, остальные полуавтоматы зубошвинговальные.						
2. Полуавтомат 5702В горизонтальный, остальные зубошвинговальные вертикальные полуавтоматы.						

Таблица П2.22. Зубопритирочные и контрольно-обкатные станки для конических колес (размеры в мм)

Параметры	5П722	5725Е	5Б720	5В722	5Б725	5Б726	5A727
Наибольший диаметр обрабатываемого (или контролируемого) конического колеса	320	500	125	200	500	800	1600

Окончание таблицы П2.22

Параметры	5П722	5725Е	5В720	5В722	5В725	5В726	5А727
Модуль обрабатываемого (или контролируемого) колеса	2–6	2,5–10	0,3–2,5	1,5–8	2,5–10	5–16	8–30
Мощность электродвигателя привода главного движения, кВт	5,5	5,5	6,9	1,8, 2,1	2,2, 3,6	6,0, 9,0	7,5, 14
Габаритные размеры							
длина	1540	1540	1000	1540	2000	2990	3600
ширина	1480	1480	850	1100	1550	2640	2950
высота	1810	1810	1380	1550	1750	1905	2000
Масса, кг	4600	4800	990	1700	3070	6550	7100

Таблица П2.23. Зубошлифовальные станки и полуавтоматы для цилиндрических колес (размеры в мм)

Параметры	5В832	5В833	5В835	5А841	5843	5851	5853	5891С
Диаметр обрабатываемого зубчатого колеса	20–200	40–320	50–500	30–320	80–800	35–320	150–800	10–125
Модуль обрабатываемого зубчатого колеса	0,3–3	0,5–4	1,5–6	1,5–8	2–12	2–10	2–12	1–6
Наибольшие размеры шлифовального круга (диаметр×ширина)	400××63	400××80	400××100	350××32	400××32	Ø225	275××20	250××25
Мощность электродвигателя привода главного движения, кВт	3	4	5,5	1,5	1,5	0,75××2	0,75××2	0,75
Габаритные размеры:								
длина	2110	2400	2830	2850	3280	3170	3340	1590
ширина	2450	2500	2210	2315	2780	1820	2165	1500
высота	1985	2070	2345	2085	2525	2020	2340	1820
Масса, кг	7180	7000	8500	8000	11200	5600	7500	2800

Таблица П2.24. Зубошлифовальные станки для конических колес (размеры в мм)

Параметры	58П70В	58К70В	5А872	5А872В
Наибольший диаметр обрабатываемого зубчатого колеса	320	320	800	800
Наибольший модуль обрабатываемого зубчатого колеса	8	6	12	16
Наибольшая ширина зубчатого венца	32	50	125	125
Диаметр шлифовального круга	275	100–250	160; 250; 315; 450	160; 200; 400; 500

Окончание таблицы П2.24

Параметры	58П70В	58К70В	5А872	5А872В
Мощность электродвигателя привода главного движения, кВт	3	3	4	4
Габаритные размеры:				
длина	3515	3515	2700	3460
ширина	1970	1970	2184	2600
высота	1715	1715	2015	2115
Масса, кг	8500	8500	12500	13300
Примечание. Станок 58П70В для обработки прямозубых конических колес, остальные – полуавтоматы для обработки конических колес с круговыми зубьями.				

7. Фрезерные станки

Таблица П2.25. Вертикально-фрезерные консольные станки (размеры в мм)

Параметры	6Р12	6Р13	6Р13Ф3-01	6Р13РФ3
Размеры рабочей поверхности стола (ширина×длина)	320×1250	400×1600	400×1600	400×1600
Мощность электродвигателя привода главного движения, кВт	7,5	11	7,5	7,5
Габаритные размеры:				
длина	2305	2560	3620	3425
ширина	1950	2260	4150	3200
высота	2020	2120	2760	2520
Масса (без выносного оборудования), кг	3120	4200	5650	6750
Примечание. На станках с ЧПУ мод. 6Р13Ф3-01, 6Р13РФ3 дискретность задания размеров по координатам 0,01 мм. На станке 6Р13РФ3 емкость револьверной головки – шесть инструментов.				

Таблица П2.26. Вертикально-фрезерные станки с крестовым столом (размеры в мм)

Параметры	6520Ф3	6540	6550	6550Ф3	6550РФ3
Размеры рабочей поверхности стола	250×630	400×1000	500×1250	500×1000	500×1000
Расстояние от торца шпинделя до поверхности стола	100–450	100–530	100–630	100–630	100–630
Мощность электродвигателя привода главного движения, кВт	4	7,5	10	8	4,3
Габаритные размеры:					
длина	3050	2640	2720	5000	5000
ширина	2150	2655	3205	3550	4380
высота	2185	2795	2930	3180	3300

Окончание таблицы П2.26

Параметры	6520ФЗ	6540	6550	6550ФЗ	6550РФЗ
Масса, кг	3700	6500	7500	10490	10500
Примечания.					
1. На станках с ЧПУ мод. 6520ФЗ, 6550ФЗ, 6550РФЗ дискретность задания размеров по координатам 0,01 мм.					
2. Емкость инструментального магазина (револьверной головки) у станка 6550РФЗ – 6 инструментов.					

Таблица П2.27. Фрезерные широкоуниверсальные (инструментальные) станки (размеры в мм)

Параметры	6712В; 6712П	6Б75В; 75ВФ1	676П	6Б76ПФ2
Размеры рабочей поверхности основного вертикального стола	125×320	200×500	250×630	250×630
Размеры рабочей поверхности углового универсального стола	125×400	200×500	200×630	250×800
Диаметр рабочей поверхности круглого стола	160	250	250	–
Мощность электродвигателя привода главного движения, кВт	0,75	1,5	2,2	2,2
Габаритные размеры:				
длина	2260	3700	1285	3600
ширина	2000	1975	1215	2150
высота	1320	1695	1780	2020
Масса, кг	560	1452	910	1850

Таблица П2.28. Горизонтально-фрезерные универсальные и широкоуниверсальные консольные станки (размеры в мм)

Параметры	6Т804Г	6Р80	6Р80Ш	6Р81	6Р81Ш	6Р82Г	6Р82Ш	6Р83
Размеры рабочей поверхности стола	–	200× ×800	200× ×800	250× ×1000	250× ×1000	320× ×1250	320× ×1250	400× ×1600
Мощность электродвигателя привода главного движения, кВт	2,2	3	3	5,5	5,5	7,5	7,5	11
Габаритные размеры:								
длина	1315	1525	1525	1480	1480	2305	2470	2560
ширина	1205	1875	1875	1990	2045	1950	1950	2260
высота	1350	1515	1765	1630	1890	1680	1950	1770
Масса, кг	800	1290	1340	2280	2530	2900	3300	3800
Примечание.								
Станки 6Р80Ш, 6Р81Ш, 6Р82Ш – широкоуниверсальные класса точности П.								

Таблица П2.29. Продольно-фрезерные двухстоечные станки (размеры в мм)

Параметры	6М610ФЗ	6Г610	6У612	6620	6625
Размеры рабочей поверхности стола	1000×1600	1000×3150	1250×4000	2000×6300	2500×8000
Наибольшая масса обрабатываемой заготовки, кг	5000	6000	18000	50000	65000
Число шпиндельных бабок:					
горизонтальных	–	2	2	2	2
вертикальных	1	2	2	2	2
Мощность электродвигателя привода главного движения, кВт (в зависимости от числа шпиндельных бабок)	30	18,5×4	22×4	30×4	30×4
Габаритные размеры:					
длина	8650	8700	11070	18970	22460
ширина	8750	5000	5630	8270	8830
высота	5400	4050	5200	6700	6700
Масса, кг	35800	35000	69500	121900	130000
Примечание.					
На станке с ЧПУ мод. 6М610ФЗ дискретность задания размеров по координатам 0,01 мм.					

8. Строгальные и долбежные станки

Таблица П2.30. Двухстоечные продольно-строгальные и строгально-фрезерные станки (размеры в мм)

Параметры	7212Г	7216	7216Г	7Б220-6	7228
Наибольшие размеры обрабатываемой заготовки:					
при строгании	1120×1250	1400×1600	1400×1600	1800×2000	2240×3150
при фрезеровании	1070×1150	–	1350×1600	–	–
Наибольшая тяговая сила на рейке стола, кН	120	140	140	150	190
Мощность электродвигателей привода стола, кВт, при строгании	100; 7,2*	100	100; 7,2*	125	125
Габаритные размеры:					
длина	9950	14000	14000	17300	20900
ширина	5000	4800	5450	7100	8250
высота	4050	4350	4350	5800	6200
Масса, кг	38000	48000	51000	98200	124700

Окончание таблицы П2.30

* При фрезеровании. Примечания.				
1. Станки 7212Г и 7216Г – строгально-фрезерные (комбинированные), остальные – продольно-строгальные.				
2. У станков 7212Г и 7216Г наибольшее перемещение гильзы фрезерной головки 200 мм, частота вращения шпинделя при фрезеровании 25–800 об/мин, подача фрезерных кареток бесступенчатая 20–1250 мм/мин, мощность электродвигателя фрезерной головки 13 кВт.				

Таблица П2.31. Поперечно-строгальные станки (размеры в мм)

Параметры	7307	7307Д	7Д37Ц	7310Д
Размер рабочей поверхности стола	450×710	450×710	560×1000	560×1000
Наибольшее сечение резца (ширина×высота)	40×25	40×25	40×25	40×25
Мощность электродвигателя привода главного движения, кВт	5,5	7,5	10	11
Габаритные размеры:				
длина	2980	2850	3700	3700
ширина	1400	1645	2065	1835
высота	1665	1890	1980	1920
Масса, кг	2800	3400	4700	4400
Примечание.				
Станок 7Д37Ц с цикловым программным управлением.				

Таблица П2.32. Долбежные станки (размеры в мм)

Параметры	7А412	7Д430	7Д450	7410	7414
Диаметр рабочей поверхности стола	360	–	–	1250	1600
Наибольшее сечение резца	16×24	20×32	25×40	40×63	40×63
Число двойных ходов долбежки в минуту	52; 67; 101; 210	–	–	–	–
Мощность электродвигателя привода главного движения, кВт	0,8–1,5	10	10	55	50
Габаритные размеры:					
длина	1950	3030	3540	6070	7000
ширина	980	2175	2890	4335	5100
высота	1825	3010	3465	5300	6500
Масса, кг	1200	5700	8200	30000	34500
Примечание.					
Станки 7Д430 и 7Д450 – с гидравлическим приводом, остальные – с электроприводом. При этом станки 7410 и 7414 имеют привод от регулируемых электродвигателей постоянного тока.					

9. Протяжные и отрезные станки

Таблица П2.33. Горизонтальные протяжные полуавтоматы для внутреннего протягивания (размеры в мм)

Параметры	7Б55	7Б55У	7Б56	7Б56У	7Б56САУ	7Б57
Номинальная тяговая сила, кН	100	100	200	200	200	400
Наибольшая длина хода салазок	1250	1250	1600	1600	1600	2000
Размер рабочей поверхности опорной плиты	450×450	450×450	450×450	450×450	450×450	560×560
Мощность электродвигателя привода главного движения, кВт	18,5	17	30	30	30	37
Габаритные размеры:						
длина	6340	4070	7200	5200	7200	9400
ширина	2090	1600	2135	2000	2020	2500
высота	1910	1500	1910	1700	1700	1910
Масса, кг	5200	4700	7450	7000	8500	13500
Примечание.						
Полуавтоматы 7Б55У и 7Б56У являются модификациями полуавтоматов соответственно 7Б55 и 7Б56 и отличаются отсутствием приставной станины с механизмом автоматического подвода и отвода протяжки.						

Таблица П2.34. Вертикальные протяжные полуавтоматы для внутреннего и наружного протягивания (размеры в мм)

Параметры	7Б75	7Б76	7Б77	7Б75Д	7Б76Д1
Номинальная тяговая сила, кН	100	200	400	100	200
Рабочая ширина:					
стола	450	450	710	450	450
салазок	400	500	630	400	500
Наибольшая длина хода салазок	1250	1250	1600	1250	1600
Мощность электродвигателя привода главного движения, кВт	22	30	57	22	30
Габаритные размеры (без рабочей площадки):					
длина	3600	4310	4650	3140	3550
ширина	1262	1392	2070	2525	2500
Масса, кг	8000	10785	21000	14500	18600
Примечания.					
1. Полуавтоматы 7Б64, 7Б65, 7Б66, 7Б67 для внутреннего протягивания, остальные – для наружного протягивания.					
2. Полуавтоматы 7Б75Д и 7Б76Д1 сдвоенные с двумя салазками и двумя подводами столов, работающими поочередно.					

Таблица П2.35. Абразивно-отрезные и круглопильные станки и автоматы (размеры в мм)

Параметры	8Б220	8А230	8А240	8252	8Г642	8Г662 САУ	8Б672	8Г681
Размеры абразивного круга (или пильного диска):								
диаметр	200;250	300	400	500	510	710	1010	1430
высота	1-4	2-3	3-4	4-5	—	—	—	—
Наибольшие размеры разрезаемого материала:								
круглого прутка	25	35	60	80	160	240	350	500
квадрата (сторона)	25	—	—	—	140	—	300	400
трубы	50	60	90	120	—	—	—	—
уголка (ширина полки)	40	63	90	100	—	—	—	25
№ швеллера	6,5	8	10	14	20	—	—	—
Мощность электродвигателя привода главного движения, кВт	4	7,5	10	30	5,5	7,5	11	18,5
Габаритные размеры:								
длина	935	1370	1370	7800	3545	2310	3140	3900
ширина	500	1160	1160	2680	2270	2600	2650	3550
высота	630	1980	2090	2010	1680	1750	2155	2400
Масса, кг	180	1200	1300	3400	4180	4150	7900	10900
Примечание. Станки 8Г642, 8Г662САУ, 8Б672 – круглопильные автоматы, 8Г681 – круглопильный полуавтомат, остальные станки – абразивно-отрезные, станок 8252 – абразивно-отрезной автомат.								

Таблица П2.36. Ножовочные и ленточно-отрезные станки (размеры в мм)

Параметры	8Б72	8544	8Б545	4840
Наибольший размер разрезаемого материала :				
круглого	250	355	500	250
квадратного	250×250	355×355	500×500	250×250
Размеры инструмента (ножовочного полотна, ленточной пилы или ленты):				
длина (межцентровое расстояние)	500	6310–6070	6930–6760	4100
ширина	40	—	40	30–40/20–25*
толщина	2	—	1	0,8–1
Мощность электродвигателя привода главного движения, кВт	1,5	2,8	4,1	42,5 (общая мощность)
Габаритные размеры:				
длина	1610	3045	3325	3200
ширина	700	3060	2900	3270/7800*
высота	900	1790	2150	2100
Масса, кг	645	3300	4300	4000

Окончание таблицы П2.36

* Станок 4840 анодно-механический ленточный; данные в числителе для этого станка указаны для рабочей подачи, осуществляемой столом с заготовкой, в знаменателе – рабочей подачи, осуществляемой стойкой с извернутой лентой.
Примечание.
Станок 8Б72 – ножовочный (длина хода пильной рамы 140 мм, частота движения ножовочного полотна 85 и 120 дв. ход/мин); станки 8544 и 8Б545 – ленточно-отрезные.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КУЗНЕЧНО-ПРЕССОВЫХ МАШИН И КОМПЛЕКСОВ

1. Оборудование для разделения исходных материалов

Листовые гидравлические ножницы (табл. ПЗ.1) предназначены для прямолинейной резки листового материала и скашивания на нем кромок под сварку. Резку листа можно осуществлять по заднему и переднему упорам и по разметке. Ножницы комплектуются средствами механизации: стоечным роликовым конвейером (рольгангом) и откатной тележкой.

Таблица ПЗ.1. Технические характеристики гидравлических листовых ножниц для прямой резки листа и скашивания кромок под сварку

Параметр	НА3623	НА 3625
Наибольшие размеры обрабатываемого листа (толщина×ширина), мм:	20×3150	32×3150
Частота ходов ножевой балки при обработке листа наибольшей толщины и ширины, мин ⁻¹ :	30	
при резке листа	7,8	5
при скашивании кромок	7,7	4,3
при резке листа со скашиванием кромок	4,0	2,3
Усилие гидropriжима (суммарное), кН	850	1460
Мощность привода, кВт	45	75
Габаритные размеры (длина×ширина×высота над уровнем пола), мм	3960×2500××2800	3960×2695××3250
Масса, т	25	40
Цена*, руб.	—	—
* По данным сборника цен (восстановительной стоимости) №2 для переоценки кузнечно-прессовых машин по состоянию на 01.01.97 г.		
Примечание. Изготовитель: Азовский завод кузнечно-прессового оборудования.		

Однопозиционные комплексы для резки листов (табл. ПЗ.2) предназначены для резки листов толщиной до 6,3 мм, шириной до 2000 мм на полосы и штучные заготовки прямоугольной и косоугольной форм.

Комплексы следующих исполнений состоят:

АКНКЗ4 ... 03 – из подъемного стола, рольганга, кривошипных листовых ножниц с наклонным ножом, конвейера, сортировочной тележки;

АКПКЗ4 ... 04 – из рольганга, кривошипных листовых ножниц, конвейера, сортировочной тележки;

АКНКЗ4 ... 05 – из подъемного стола, кривошипных листовых ножниц, конвейера, сортировочной тележки.

Таблица ПЗ.2. Технические характеристики однопозиционных комплексов для резки листов

Параметр	АКНК 3414.03	АКНК 3416.03	АКНК 3418.03	АКНК 3414.04	АКНК 3416.04	АКНК 3418.04	АКНК 3414.05	АКНК 3416.05
Толщина листа, мм:								
наибольшая	2,50	4,00	6,30	2,50	4,00	6,30	2,50	4,00
наименьшая	0,25	0,40	0,60	0,25	0,40	0,60	0,25	0,40
Размеры листа, мм:								
наибольшие	1250×2500		1000× ×2000	1250×2500		1000× ×2000	1250×2500	
наименьшие	512×712							
Частота ходов ножевой балки, мин ⁻¹	68		56	68		56	68	
Габаритные размеры (ши- рина×длина× высота), мм	2150× ×8600× ×1375	2610× ×8900× ×1510	2760× ×9040× ×1590	2150× ×6400× ×1375	2610× ×6900× ×1510	2760× ×6840× ×1590	2160× ×7100× ×1375	2610× ×7540× ×1510
Масса, кг	4000	5110	6640	2870	3930	5510	3780	4890
Суммарная мощ- ность электро- двигателей, кВт	7,07	9,47	12,37	4,87	7,27	10,17	7,07	9,47
Примечание. Изготовитель: Стрыйское ПО кузнечно-прессового оборудования.								

Комплексы для резки листа на базе гидравлических листовых ножниц с наклонным ножом (табл. ПЗ.3) предназначены для механизированной резки ферромагнитного листового материала на мерные заготовки и для удаления отрезанных заготовок из-под ножниц.

Технологические возможности комплексов обеспечивают раскрой листа в автоматическом режиме по программе на четыре типоразмера заготовок, при этом обеспечиваются автоматизированная отрезка дефектного торца, его удаление в тару для отхода, порезка заготовок на карты и складирование в откатную тележку, дорезание немерного остатка с поддержкой листа и автоматизированное удаление отходов в тару.

В состав комплексов входят ножницы, устройство грузоподъемностью 3000 кг, откатная тележка грузоподъемностью 6000 кг, устройство подачи листа, механизм отбраковки.

Автоматизированные комплексы для резки листов по заданной программе (табл. ПЗ.4) автоматизируют весь цикл резки толстого листа по простым и комбинированным картам раскроя.

В состав типового комплекса входят: приемный стол, манипулятор, стол подачи листа, ножницы с наклонным ножом, выгрузочное устройство.

Работой комплекса управляет система числового программного управления (ЧПУ). Система ЧПУ предусматривает многократную обработку заданной программы до выработки всей исходной пачки листов или получения заданного числа заготовок.

На комплексе возможна резка листа под углом 90°, что позволяет получить заданный размер листа по ширине и длине детали.

Таблица ПЗ.3. Технические характеристики комплексов для резки листов на базе гидравлических ножниц

Параметр	АКНА3723.Ф2	АКНА3725.Ф2
Размеры разрезаемых листов, мм:		
толщина	6–20	8–32
ширина наибольшая	3150	
Частота ходов ножа, мин ⁻¹	10–20	6–12
Наибольший ход ножевой балки, мм	205	
Наибольшие размеры листа, транспортируемого подающим устройством (длина×ширина), мм	6000×3150	
Наибольшая скорость транспортирования листа подающим устройством, м/с	0,25	
Тяговое усилие, Н	600–2500	
Скорость перемещения откатной тележки, м/с	0,167	
Наибольшие размеры заготовок, транспортируемых откатной тележкой (длина×ширина), мм	2000×3150	
Суммарная установленная мощность электродвигателей, кВт	49,07	79,07
Производительность (при резке заготовок средних размеров), рез/мин	2,4	
Габаритные размеры (длина×ширина×высота), мм	11110×3920×3250	11200×3940×2710
Масса, кг	32300	34100
Примечание. Изготовитель: Азовский завод кузнечно-прессового оборудования.		

Комплексы на базе сортовых кривошипных закрытых ножниц (табл. ПЗ.5) предназначены для резки стандартного круглого и квадратного сортового проката на заготовки, используемые для последующего изготовления деталей механической обработки или объемной штамповкой.

Комплексы оснащаются стеллажами для автоматической подачи прутков на рольганг. Предусмотрена также возможность резки с нагревом.

В состав комплексов на базе ножниц с усилием 10000...16000 кН входят: механизированный стеллаж, газовая печь, автоматизированный рольганг, механизм отбраковки немерных концов, устройство механизированной смены ножей и счетчик заготовок.

Таблица ПЗ.4. Технические характеристики автоматизированных комплексов для резки листов по заданной программе

Параметр	АКНК3418 Г.Ф1.02	К10089К	К28.052	КОН-5	КОН-6
Размеры разрезаемых листов, мм:					
длина	1000–3000	2000–3000	2000–5000	4000–8000	
ширина	500–1800	1200–2300	1000–2500	1000–2500	
толщина	1–6,3	2–12	6–16	8–20	12–32
Наибольшая скорость подачи листа, мм/с	0,4	0,3			
Мощность электродвигателей, кВт	14,1	48	62,6	55	85
Габаритные размеры (длина×ширина×высота), мм	6300× ×1100× ×2840	14000× ×12000× ×3800	17600× ×9320× ×2600	–	–
Масса, т	14	58,3	72	74	85
Примечание. Изготовители: АКНК3418Г.Ф1.02 – Стрыйское ПО кузнечно-прессового оборудования, К10.089, К28.052 – Чимкентский завод прессов-автоматов им. М.И. Калинина, КОН-5, КОН-6 – Азовский завод кузнечно-прессового оборудования.					

Таблица ПЗ.5. Технические характеристики комплексов на базе сортовых закрытых кривошипных ножниц

Параметр	АКНА1534.01	АКНА1536.01	АКНА1538.01	АКНА1540.01	АКНА1542.01
Номинальное усилие ножниц, кН	2500	4000	6300	10000	16000
Наибольшие размеры поперечного сечения разрезаемого проката, мм:					
диаметр прутка	80	100	125	140	180
сторона квадрата	70	90	110	130	160
Число резов в минуту	50	32	25	28	20
Суммарная мощность электродвигателей, кВт	44	58,95	62,5	135	154,4
Габаритные размеры (длина×ширина×высота над уровнем пола), мм	10880× ×3800× ×3000	11200× ×4500× ×3200	11400× ×5800× ×4700	17680× ×8650× ×4500	17710× ×9060× ×5160
Масса, т	21,0	35,5	51,0	105,6	150,95
Примечание. Изготовители: АКНА1534.01 – Пинский завод кузнечно-прессовых и литейных автоматических линий; АКНА1536.01, АКНА1538.01 – Азовский завод кузнечно-прессового оборудования; АКНА1540.01, АКНА1542.01 – Воронежский завод тяжелых механических прессов.					

Автоматизированные комплексы для точной резки сортового проката (табл. ПЗ.6) предназначены для резки сортового проката (круглого, квадратного, полосового) из конструкционных, пружинных, инструментальных и других специальных сталей на заготовки для объемной штамповки, механической обработки и других технологических операций. На комплексах резка проката осуществляется как в холодном, так и в горячем состоянии. В состав комплекса входят сортовые кривошипные ножницы для точной резки и механизированный стеллаж. При резке с нагревом в состав комплексов включается нагревательная установка.

Таблица ПЗ.6. Технические характеристики комплексов для точной резки сортового проката

Параметр	АКН1330-1	АКН1334-1	АКН1838А
Номинальное усилие ножниц, кН	1000	2500	6300
Наибольшие размеры поперечного сечения разрезаемого проката, мм:			
диаметр прутка	42	80	125
сторона квадрата	37	70	110
Производительность комплексов в режиме ручных или автоматических включений, шт./мин	—	28	10
Суммарная мощность электродвигателей, кВт	20,22	36,25	67,75
Габаритные размеры (длина×ширина×высота над уровнем пола), мм	10000× ×3925× ×3000	11315× ×3840× ×2980	10350× ×5525× ×4735
Масса, т	16,13	23,5	68,87
Примечание. Изготовители: АКН1330-1, АКН1334-1 – Пинский завод кузнечно-прессовых и литейных автоматических линий, АКН1838А – Азовский завод кузнечно-прессового оборудования.			

Комплексы на базе комбинированных пресс-ножниц (табл. ПЗ.7) предназначены для резки листового, сортового и фасонного проката, пробивки отверстий в полках проката, выполнение зарубочных операций. В состав комплекса входят комбинированные пресс-ножницы и модуль-рольганг.

Автоматические линии для продольной резки широкополосного листового проката (табл. ПЗ.8) предназначены для продольной резки широкополосного листового проката нормальной точности. Линии применяются в заготовительных цехах заводов автомобильной и сельскохозяйственной промышленности. Режимы работы линии – наладочный и автоматический. Управление линии и контроль за ее работой осуществляются с центрального пульта.

Таблица ПЗ.7. Технические характеристики комплексов на базе комбинированных пресс-ножниц

Параметр	АКНБ5221.01	АКНБ5221.04	АКНБ5222.01	АКНБ5221.04	АКНБ5224.04
Размеры обрабатываемого проката, мм:					
толщина листа	13		16		25
толщина×ширина полосы	16×150		18×190		28×200
диаметр круга	45	40	50		67
сторона квадрата	40	36	45		58
уголок	125×125×12		160×160×12	125×125×15	160×160×20
двутавр (номер)	18		18а		30а
швеллер (номер)	18		18а		30
Частота ходов ползуна, мин ⁻¹ :					
непрерывных	56	58	53		45
одиночных	18		17		14
Номинальное усилие пресса, кН	400		630		1250
Мощность электродвига- телей, кВт	4,8				
Габаритные размеры (длина×ширина×высота), мм	4050× ×1900× ×1950	5450× ×1900× ×1950	4100× ×2025× ×1800	5800× ×1940× ×1900	5900× ×2690× ×2450
Масса, т	2,67	3,6	3,3	4,3	8,5
Примечание.					
Изготовитель: Кузандыкский завод механических прессов.					

Таблица ПЗ.8. Технические характеристики автоматических линий для продольной резки широкополосного листового проката

Параметр	Л117	ЛП8.41.100
Размеры исходной заготовки рулонной стали, мм:		
ширина	750–1600	
диаметр рулона:		
внутренний	470–780	
наружный	1000–1800	
Наибольшее число резов при толщине материала, мм:		
2,5 – 4,0	8	
до 1	23	
Скорость реза (регулируемая), м/мин	30–180	30–90

Окончание таблицы ПЗ.8

Параметр	Л117	ЛП8.41.100
Производительность при двухсменной работе, т/ч:		
наименьшая	4,5	—
наибольшая	59,5	—
Суммарная мощность электродвигателей, кВт	302	373
Габаритные размеры (длина×ширина×высота над уровнем пола), мм	28900×12900×3100	23620×14710×3100
Масса, т	147	150
Примечание. Изготовитель: Азовский завод кузнечно-прессового оборудования.		

2. Оборудование для листовой штамповки

На автоматизированных прессах для штамповки изделий из штучных заготовок в качестве подающих устройств используют шиберную или револьверную подачу.

Прессы с револьверной подачей (табл. ПЗ.9) предназначены для выполнения различных холодноштамповочных и сборочных операций из штучных заготовок.

Таблица ПЗ.9. Технические характеристики однокривошипных открытых прессов простого действия с револьверной подачей

Параметр	КД2122Е.02	КВ2132А.02
Номинальное усилие, кН	160	1600
Производительность, шт./мин	110	45
Суммарная мощность электродвигателей, кВт	1,7	21,2
Габаритные размеры (длина×ширина×высота), мм	1190×1085×1875	2860×2500×3700
Примечание. Изготовители: КД2122Е.02 – Астраханский завод кузнечно-прессового оборудования; КВ2132.02 – Ивано-Франковское ПО «Карпат-прессмаш».		

Прессы с шиберной подачей (табл. ПЗ.10) предназначены для выполнения различных операций холодной штамповки (разрезки, пробивки, надрезки, обрезки, гибки, отбортовки и др.).

Прессы двухкривошипные двойного действия (табл. ПЗ.11) предназначены для глубокой вытяжки изделий из листового металла, преимущественно корпусов фляг, ведер, бидонов, кастрюль, тазов и т.д.

Таблица ПЗ.10. Технические характеристики прессов однокривошипных открытых простого действия с шиберной подачей

Параметр	КД2122Е.01	КД2124Е.01	КД2126Д.01	КД2128Б.01
Номинальное усилие пресса, кН	160	250	400	630
Размеры заготовок, мм:				
круглых (диаметр)	35–90	35–90	90–240	90–240
прямоугольных	12×90	35×90	90×240	90×240

Окончание таблицы ПЗ.10

Параметр	КД2122Е.01	КД2124Е.01	КД2126Д.01	КД2128Б.01
Толщина заготовки (наименьшая) мм:	0,5	0,5	1,0	1,0
Ход шибера, мм	100	100	250	250
Суммарная мощность электродвигателей, кВт	1,7	2,58	4,28	6,28
Габаритные размеры (длина×ширина×высота над уровнем пола), мм	1750× ×1085× ×1875	1930× ×1240× ×2300	2400× ×1600× ×2750	2700× ×1690× ×2690
Цена, руб.	28820	—	35700	47268
Примечание. Изготовители: КД2122Е.01 – Астраханский завод кузнечно-прессового оборудования; КД2124Е.01 – Ленинсканский завод кузнечно-прессового оборудования; КД2126Д.01, КД2128Б.01 – Сальский завод кузнечно-прессового оборудования.				

Прессы-автоматы для чистовой вырубки (табл. ПЗ.12) предназначены для изготовления деталей из полосового или ленточного материала. Конфигурация деталей может быть самой разнообразной: от простой – типа шайбы до сложной – типа зубчатых ресс и зубчатых колес.

Прессы-автоматы тройного действия вертикальной компоновки оснащены: полосоподавателем, предназначенным для штучной выдачи полос из стопы на линию подачи пресса в зону подающих валков толкающей подачи; толкающей подачей, предназначенной для транспортировки обрабатываемой полосы от полосоподавателя на позицию первой вырубки при автоматической работе пресса и шаговой подаче материала; подачей тянущей, предназначенной для шагового перемещения материала и удаления отхода полосы из зоны штампа после вырубки последней детали при автоматической работе пресса; ножницами для резки отхода на мерные заготовки; правильно-разматывающим устройством для работы пресса на ленточном материале.

Таблица ПЗ.11. Технические характеристики двухкривошипных прессов двойного действия для глубокой вытяжки

Параметр	КА6030	К6032
Усилие, кН:		
номинальное суммарное пресса	1000	1600
номинальное прижимного ползуна	600	630
Ход ползуна, мм:		
вытяжного	700	800
прижимного	—	600
Частота непрерывных ходов ползунов, мин ⁻¹	10	8–16
Мощность привода, кВт	18,5	37
Габаритные размеры (длина×ширина×высота), мм	3090×2010×4900	3410×2690×6050
Масса пресса, т	21,5	38
Примечание. Изготовитель: Барнаульский завод механических прессов.		

Таблица ПЗ.12. Технические характеристики прессов-автоматов для чистовой вырубки

Параметр	A6826A	A6830A	A6834A	A6836A	A6838A
Общее усилие пресса, кН:	400	1000	2500	4000	6300
Наибольшая частота ходов ползуна, мин ⁻¹	90	80	60	50	
Ход ползуна, мм	50	60	70	80	100
Закрытая штамповая высота, мм	190	300	380	400	
Мощность электродвигателей, кВт	7,62	20,7	56,42	88,42	102,42
Габаритные размеры (длина×ширина×высота над уровнем пола), мм	3300× ×1300× ×1970	3920× ×3120× ×2180	7550× ×2720× ×2250	8000× ×3150× ×2720	8500× ×3250× ×3150
Масса пресса, кг	5220	12300	14500	21400	31600
Цена, руб.	—	—	—	235764	—
Примечание. Изготовитель: Одесское ПО «Прессмаш» им. 60-летия Октября.					

Перфорационные прессы-автоматы (табл. ПЗ.13) предназначены для пробивки большого числа отверстий в ленточном и листовом материале. На них изготавливают заготовки сит, сеток, решетчатых полотен, листы триерных цилиндров и т.д.

Таблица ПЗ.13. Технические характеристики перфорационных прессов-автоматов

Параметр	A6428Д	A6430	A6433	A6436
Номинальное усилие, кН	630	1000	2000	4000
Ход ползуна, мм	16	20	50	
Частота ходов ползуна, мин ⁻¹	130; 190; 250	75; 150; 400;	10; 150	50; 100
Размеры (длина×ширина), мм:				
стола	1300×720	1640×800	1460×540	—
ползуна	1250×170	1600×400	1440×500	
Размеры листа, мм:				
ширина×длина	1500×1000	1400× ×(500–2000)	1400	1250×2500
толщина	1,0	1,5	2,0	4,0
Мощность привода, кВт	12	30	51,3	84,7
Габаритные размеры (длина×ширина×высота), мм	2900×2200× ×3300	3515×3100× ×3370	3370×3150× ×4200	8800×3850× ×4700
Масса, т	10,1	16,5	24,6	47,7
Цена, руб.	—	833228	—	—
Примечание. Изготовитель: АО Воронежпресс, г. Воронеж				

Прессы гидравлические одностоечные со средствами механизации и автоматизации (табл. ПЗ.14) используют для выполнения монтажно-запрессовочных операций, листовой штамповки, гибки, отбортовки и вытяжки, прошивки, протяжки или калибровки отверстий, обработки неметаллических материалов и прессования металлопорошков.

Прессы оснащаются: гидроподушкой, выполняющей функции нижнего выталкивателя и прижима заготовки при вытяжке; универсальными средствами механизации – поворотными делительными столами и задающе-сталкивающими (шиберными) устройствами для штучных заготовок; технологической оснасткой для правки валов.

Таблица ПЗ.14. Технические характеристики гидравлических одностоечных прессов в автоматизированном исполнении для штамповки изделий из штучных заготовок

Параметр	ПЗ226В	ПЗ228В	ПЗ230В	ПЗ232В	ПЗ234В	ПЗ316Ж	ПЗ320Ж	ПЗ324Ж	ПЗ326Ж
Номинальное усилие, кН	400	630	1000	1600	2500	40	100	250	400
Ход ползуна, мм	500	500	500	500	500	250	400	500	
Скорость ползуна, мм/с, при рабочем ходе	16–32	10	16–32	6,3–12,5	4	48	25	20	16
Наибольший ход шиберного устройства, мм	400			630	—	—	—	—	—
Наибольший диаметр планшайбы поворотного стола, мм	—	—	—	—	—	500	630	800	
Суммарная мощность электродвигателей, кВт	7,5	11	15	3	4	7,5			
Габаритные размеры (длина×ширина×высота над уровнем пола), мм	1950× ×1770× ×2880	1060× ×1800× ×2900	1950× ×2090× ×3180	1950× ×2090× ×3680	2600× ×2230× ×3670	800× ×1270× ×1200	1000× ×1700× ×2085	1100× ×1900× ×2760	1250× ×1770× ×2900
Масса, т	3,55	4,0	6,44	8,3	12,0	0,6	1,485	2,47	3,4
Примечание. Изготовитель: Оренбургское ПО «Гидропресс».									

Листоштамповочные отбортовочные прессы с ЧПУ (табл. ПЗ.15) предназначены для выполнения различных операций листовой штамповки: гибки листов, последовательной отбортовки труб и деталей типа днищ, гибки различных профилей, штамповки днищ, отбортовки фланцев и цилиндрических обечаек.

Таблица ПЗ.15. Технические характеристики гидравлических листоштамповочных одностоечных отбортовочных прессов с ЧПУ

Параметр	ПЗ3236Ф1	ПЗ3239Ф1	ПЗ3241Ф1
Номинальное усилие, кН	4000	8000	12500
Ход плунжера вертикальных цилиндров, мм:		1200	
Размеры (длина×ширина), мм:			
выдвижного стола	2000×2400	3600×2600	4500×3000
плит вертикальных цилиндров	1200×1600	1500×2000	2500×2400
плит бокового цилиндра	500×500		800×800

Окончание таблицы ПЗ.15

Параметр	ПЗ236Ф1	ПЗ239Ф1	ПЗ241Ф1
Мощность привода, кВт	78,4	127,4	133,59
Грузоподъемность кран-балок, кг	3000		5000
Габаритные размеры пресса (длина×ширина×высота), мм	9500× ×6500×6700	10400× ×7500×8100	12200× ×8000×8400
Общая высота, мм	8950	10400	11600
Масса, т	82	180	320
Цена, руб.	694300	1239915	—
Примечание: Изготовитель: Днепропетровский завод тяжелых прессов.			

Гидравлические двухстоечные вытяжные прессы простого действия (табл. ПЗ.16) предназначены для холодной вытяжки полых изделий.

Таблица ПЗ.16. Технические характеристики гидравлических двухстоечных вытяжных прессов простого действия

Параметр	П7830	П7830А	П7832	П7832А	П7933	П7933А	ПА7834	П7834А
Номинальное усилие пресса, кН	1000		1600		2000		2500	
Наибольший ход ползуна с механизмом принудительного отвода, мм	2500	1500	2500	1500	2500	1500	2500	1500
Скорость рабочего хода, м/мин	8–13		5,5–8,8		4,4–4,7		3,6– –5,7	2,25– –3,6
Наибольший ход выталкивателя, мм	1300	800	1300	800	1300	800	1300	800
Размеры подштамповой плиты (длина×ширина), мм	1070×1100							
Габаритные размеры (длина×ширина×высота над уровнем пола), мм	4920× ×3490× ×9540	4920× ×3490× ×7615	4920× ×3490× ×9540	4920× ×3490× ×7615	4920× ×3490× ×9780	4920× ×3490× ×7780	4920× ×3490× ×9780	4920× ×3490× ×7780
Масса пресса, т	61,73	55,5	63,16	56	80,5	74	81	74
Цена, руб.	—	—	—	—	—	—	616308	586845
Примечания: Изготовитель: Одесское ПО "Прессмаш" им. 60-летия Октября.								

Прессы гидравлические листоштамповочные двойного действия (табл. ПЗ.17) предназначены для горячей вытяжки деталей типа днищ, сосудов, резервуаров, котлов и т.д. Прессы особенно широко применяются в химической, судостроительной и транспортной промышленности.

Таблица ПЗ.17. Технические характеристики гидравлических листоштамповочных прессов двойного действия (колонных)

Параметр	ПА4638А	П233А	П236Б	П238	П239А
Номинальное усилие вытяжной траверсы, кН, на ступени:					
I	2000	280	500	800	1000
II	4000	560	1000	1600	2000
III	6300	800	1600	2500	3150
Ход траверсы, мм	1700		2500		1700
Размеры стола (длина×ширина), мм	3550×3550	2650×2650	3550×3550	6000×5500	4300×4300
Ход стола, мм	3550	2650	3550	6500	4350
Мощность привода, кВт	240	296	434	527	—
Габаритные размеры (длина×ширина×высота общая), мм	18950× ×9820× ×12550	15000× 12450× ×12070	18750× ×10560× ×16000	29400× ×14410× ×19300	24300× ×12600× ×17105
Масса пресса, т	353	340	738	1732	1145
Цена, руб.	—	1003 600	1567 546	—	—
Примечания: Изготовитель: Рязанский завод тяжелого кузнечно-прессового оборудования.					

Электрогидравлические прессы (ЭГИП) (табл. ПЗ.18) применяются для тонколистовой холодной штамповки из плоских и трубчатых заготовок, а также используются для раздачи трубчатых заготовок, вытяжки из плоских заготовок, рельефной штамповки, вырубки и пробивки, калибровки, выполнения сборочных операций – сборки узлов типа "шарнир трубопровода", завальцовки зубчатых заготовок и обоймы, запрессовки подшипников скольжения и т.д.

Таблица ПЗ.18. Технические характеристики ЭГИП

Параметр	T1220	T123
Максимальные размеры штампуемых заготовок, мм:		
плоских	400×400	650×650
трубчатых (диаметр×высота)	250×275	400×450
Толщина штампуемого материала для формообразующих операций, мм, не менее, при σ_s , ГПа:		
≤0,25	4,0	5,0
≤0,5	2,0	2,5
>0,5	1,2	1,5
Толщина штампуемого материала при разделительных операциях, мм, не более		
Производительность, деталь/ч	10–60	10–30
Габаритные размеры (длина×ширина×высота), мм	915×2800×2000	3990×2310×3000
Масса, т	3,3	7,3
Потребляемая мощность, кВт	14	15
Примечание: Изготовители: T1220 – Николаевское проектно-конструкторское бюро электрогидравлики; T1223 – Одесское ПО им. 60-летия Октября.		

Электрогидравлические установки типа "Молния" (табл. ПЗ.19) предназначены для крепления (электрогидравлической запрессовки) труб и трубных решеток теплообменных аппаратов.

Таблица ПЗ.19. Технические характеристики электрогидравлических установок "Молния" для крепления труб в трубных решетках

Параметр	T0223	T0226
Диаметр запрессовываемых труб, мм	5–30	5–40
Толщина стенки трубы, мм	1,0–2,5	1,0–3,5
Длина запрессовки, мм	20–120	20–220
Габаритные размеры трубной решетки (длина×ширина), мм	1500×1500	1500×2100
Производительность, концов/ч	300	
Примечание.		
Изготовитель: Николаевское проектно-конструкторское бюро электрогидравлики.		

Прессы для гидромеханической вытяжки (табл. ПЗ.20) предназначены для глубокой вытяжки простых и сложных по форме деталей из листа методом гидромеханической вытяжки. На прессе возможно изготовление деталей цилиндрической, конической, сферической и других форм из стального, алюминиевого листа, коррозионно-стойкой стали и т.п.

Таблица ПЗ.20. Технические характеристики прессов для гидромеханической вытяжки

Параметр	СТМ160	СТМ250	СТМ400	СТМ630	СТМ1000
Усилие, МН:					
вытяжного ползуна	1,60	2,5	4,00	6,3	10,0
прижимного ползуна	1,25	2,0	3,15	5,0	8,0
нижнего прижима	0,63	1,0	1,6	2,5	4,0
Ход, мм:					
верхних ползунков	800	1000	1250	1600	2000
нижнего прижима	360	450	560	710	900
Размеры стола (длина×ширина), мм	1000×850	1250×1000	1600×1250	2000×1600	2500×2000
Скорость вытяжки, мм/с	22–100	20–90	20–85	20–73	20–70
Мощность привода, кВт	59	90	130	185	290
Примечание.					
Изготовитель: Ждзский машиностроительный и литейный завод (ЧССР).					

Комплексы для штамповки из ленточного материала с валковой подачей предназначены для изготовления деталей холодной листовой штамповкой, вырубкой, вытяжкой, гибкой и т.д. (табл. ПЗ.21).

Комплексы обеспечивают размотку ленты из рулона, ее правку, смазку и подачу в штамповое пространство, резку отходов на мерные куски, удобные для утилизации, сбор деталей в тару. В состав комплексов, в зависимости от их назначения, входят вал-

ковые подачи – одно- или двухсторонние, разматывающее или правильно-разматывающее устройство, ножницы для резки отходов.

Таблица ПЗ.21. Технические характеристики комплексов для штамповки деталей из ленточного материала на базе однокривошипных открытых прессов простого действия с валковой подачей

Параметр	АККД2124А.01	АККД2128А-1	АККД2122Е.07	АККД2122Е-10	АККД2124Е.06	АККД2124Е.01	АККД2124Е-14
Размеры подаваемой ленты, мм:							
ширина	10–40	40	20–63	20–100	40–100		
толщина	0,3–1,0			0,3–1,5	0,3–1,6	0,3–1,0	
Номинальное усилие пресса, кН	250	630	160	163	250		
Частота ходов ползуна, мин ⁻¹	200, 250, 315, 400	150, 190, 250	–	–	160		
Наибольший наружный диаметр исходного рулона, мм	–		800		1000		
Суммарная мощность, кВт	0,49	0,87	2,7		4,08	3,5	3,39
Габаритные размеры (длина×ширина×высота), мм	2750××1250××1640	2830××1230××1850	5700××1400××1870	5400××1450××1875	6350××1500××2295	6200××1400××2295	5600××1600××2295
Масса, т	0,590	0,81	2,55	1,68	3,385	3,2	2,45
Примечание.							
Изготовители: АККД2124А.01, АККД2128А-1 – Курский завод; АККД2122Е.07, АККД2122Е-10 – Астраханский завод кузнечно-прессового оборудования; АККД2124Е.06, АККД2124Е-14 – Сальский завод кузнечно-прессового оборудования; АККД2124Е.01 – Ленинградское ПО кузнечно-прессового оборудования.							

Комплексы для штамповки из ленточного материала с клещевой подачей предназначены для выполнения различных операций холодной штамповки: вырубки, пробивки отверстий, неглубокой вытяжки и т.д. (табл. ПЗ.22). Комплексы обеспечивают размотку рулона, контроль размера петли ленты, очистку ленты от консервационного покрытия, нанесение смазочного материала, шаговую подачу материала в рабочее пространство пресса, а также резку отштампованной ленты на мерные куски, удобные для утилизации.

Комплексы для штамповки деталей из полосы (табл. ПЗ.23) предназначены для подачи полосы в штамп, совершения холодноштамповочной операции и удаления отштампованной полосы. В состав комплекса входят однокривошипный открытый пресс простого действия; полосоподаватель; валковая подача и ножницы для резки отходов.

В состав комплекса входят пресс однокривошипный открытый простого действия и рейферная подача с питателем.

Таблица ПЗ.22. Технические характеристики комплексов для штамповки деталей из ленточного материала на базе однокривошипных открытых прессов простого действия с клещевой подачей

Параметр	АККД2122Е.К П63.11	АККД2122Е.09	АККД2124Е.08	АККД2124Е-11	АККД2126Е.К П160.11	АККД2126Е.09	АККД2128Е.08	АККД2128Е.09
Размеры подаваемой ленты, мм:								
ширина	20–63		40–100			50–160		
толщина	0,3–1,0		0,3–1,5	0,1–1,2		0,3–1,5		
Номинальное усилие пресса, кН	160		250		400		630	
Частота ходов ползуна, мин ⁻¹		160			140		125	
Наибольший наружный диаметр исходного рулона, мм	800		1000		1200	1000	1200	
Суммарная мощность электродвигателей, кВт	5,38	–	–	3,05	5,38	–	–	17,8
Габаритные размеры (длина×ширина×высота над уровнем пола), мм	4600× ×1400× ×1875	6200× ×1400× ×1875	6200× ×1400× ×2295	6400× ×1800× ×2295	4900× ×1700× ×2600	6600× ×1700× ×2890	5000× ×1800× ×2890	6950× ×2000× ×2890
Масса, т	1,960	2,870	3,0	2,620	3,910	5,400	6,010	7,900
Примечание. Изготовители: АККД2122Е.КП63.11, АК.КД2122Е.09 – Астраханский завод кузнечно-прессового оборудования; АККД2124Е.08 – Ленинканское ПО кузнечно-прессового оборудования; АККД2124Е-11, АККД2126Е.КП160.11., АККД2126Е.09, АККД2128Е.08, АККД2128Е.09 – Сальский завод кузнечно-прессового оборудования.								

Таблица ПЗ.23. Технические характеристики комплексов на базе однокривошипных прессов открытых для штамповки деталей из полосы

Параметр	АККД2124Е.02	АККД2126Е.02	АККД2128Е.02
Размеры подаваемой полосы, мм:			
ширина	45–100		45–160
толщина	0,5–1,5	0,5–2,0	0,5–2,5
длина	1000–2000		1200–2000
Производительность, шт./мин	125	110	90
Номинальное усилие пресса, кН	250	400	630
Установленная мощность, кВт	3,7	5,7	7,5
Габаритные размеры (длина×ширина×высота), мм	6000×2000×2300	6200×2000×2600	6500×2000×2900
Масса, кг	4150	5350	7600
Примечание. Изготовитель: Сальский завод кузнечно-прессового оборудования.			

Комплексы для штамповки с грейферной подачей (табл. ПЗ.24) предназначены для изготовления деталей многооперационной штамповкой из штучных заготовок. В состав комплексов входят однокривошипный открытый пресс простого действия и грейферная подача с питателем.

Грейферная подача предназначена для транспортирования в ориентированном положении штучных заготовок из кассеты питателя в рабочую зону многопозиционного штампа и транспортирования их с одной позиции штампа на другую.

Роботизированные комплексы для штамповки из штучных листовых заготовок (ненаклоняемые прессы) предназначены для штамповки деталей из штучных листовых заготовок с выполнением операций гибки, вырубки, пробивки, вытяжки, формовки и т.д. (табл. ПЗ.25). В состав комплексов входят пресс, автоматический манипулятор, вибробункер, накопитель заготовок, магазинное устройство, пневмосудатель, система управления.

Таблица ПЗ.24. Технические характеристики комплексов оборудования для штамповки деталей из штучных заготовок на базе однокривошипных открытых прессов с грейферной подачей

Параметр	АККД2126Д.31	АККД2128Д.31	АККВ2132.02
Размеры обрабатываемой заготовки, мм:			
диаметр	40–63		250
толщина	0,5–4	0,5–5	0,8
Номинальное усилие пресса, кН	400	630	1600
Ход ползуна регулируемый, мм	10–90	–	–
Частота ходов ползуна, мин ⁻¹	71	65	71
Производительность, шт./мин	48	42	16
Суммарная мощность электродвигателей, кВт	4,28	6,28	25,2
Габаритные размеры (длина×ширина×высота), мм	2200×1900×2750	2500×2000×2960	3200×2100×3700
Масса, т	4,6	6,9	14,68
Примечание. Изготовители: АККД2126Д.31, АККД2128Д.31 – Сальский завод кузнечно-прессового оборудования; АККВ2132.02 – Ивано-Франковское ПО «Карпатпрессмаш».			

Таблица ПЗ.25. Технические характеристики роботизированных комплексов на базе однокривошипных открытых прессов

Параметр	АККД2118А-2	АККД2118А.03	АККД2122Е.03	АККД2126Е.03	АККД2128Е.03	АКК2130.31	АККЕ2130.31
Наибольший размер обрабатываемой заготовки, мм:							
диаметр, длина×ширина	Ø 63; 40×90	63×63	100×150	250×250	450×500	500×500	
толщина	0,5–2,5	1,0–4,5	1–4	0,5–2,0	0,5–5,0	0,5–6,0	

Окончание таблицы ПЗ.25

Параметр	АККД2118А-2	АККД2118А.03	АККД2122Е.03	АККД2126Е.03	АККД2128Е.03	АККД2130.31	АККЕ2130.31
Среднечасовая производительность, шт./ч	2200	2800	1440	815	–	380–550	400–550
Номинальное усилие прессы, кН	63		160	400	630	1000	
Манипулятор:							
грузоподъемность, кг	0,63	0,08	0,63	1,25	2,5	10	
число:							
рук	1			2			
степеней подвижности	2			4			
Суммарная мощность электродвигателей, кВт	3,5	1,8	2,86	4,78	7,5	10	16,35
Габаритные размеры (длина×ширина×высота), мм	1850× ×1700× ×1876	1850× ×1700× ×1850	1670× ×2170× ×2015	2900× ×2800× ×2600	2800× ×2900× ×2890	4050× ×4440× ×2725	3700× ×4000× ×2725
Масса, кг	1123	1100	2200	4000	6460	8800	11500
Примечание.							
Изготовители: АККД2118А-2, АККД2118А.03 – Курский завод кузнечно-прессового оборудования; АККД2122Е.03 – Астраханский завод кузнечно-прессового оборудования; АККД2126Е.03, АККД2128Е.03 – Сальский завод кузнечно-прессового оборудования; АККД2130.31, АККЕ2130.31 – Барнаульский завод механических прес-сов.							

Комплексы роботизированные (табл. ПЗ.26) для штамповки деталей из штучных листовых заготовок (наклоняемые прессы) обеспечивают подъем и поддержание верхнего уровня стопы заготовок, ориентированную подачу заготовки с помощью поворотного стола магазинного устройства на позицию захвата автоматического манипулятора; загрузку штампа прессы и удаление готовой детали в тару с помощью манипулятора.

Комплексы на базе однокривошипных закрытых прессы простого действия с клещевой подачей (табл. ПЗ.27) предназначены для изготовления из рулонного материала (с пределом прочности $\sigma_b = 500$ МПа) деталей, требующих применения различных операций холодной штамповки: вырубки, гибки, формовки, калибровки, неглубокой вытяжки. Комплексы на базе однокривошипных закрытых прессы простого действия комплектуются клещевой подачей мод. КП800, правильным устройством мод. ПУ800, разматывающим устройством мод. АУ800, тележкой мод. ТЗ-5.

Таблица ПЗ.26. Технические характеристики роботизированных комплексов на базе однокривошипных открытых прессы

Параметр	АККЕ2330.31	АККД2330-02.01
Размер обрабатываемой заготовки, мм:		
длина×ширина	100×100 – 500×500	100×100 – 450×500
толщина	0,5–5	
Производительность среднечасовая проектная, шт./ч:	546–616	
Пресс:		
модель	КЕ2330	КД2330-02
усилие, кН	1000	
наименьший ход ползуна, мм	90	
Суммарная мощность, кВт	11,0	
Габаритные размеры (длина×ширина×высота над уровнем пола), мм	4440×3460×3180	
Масса, т	11	
Примечание.		
Изготовитель: Воронежский завод кузнечно-прессового оборудования им. М.И. Калинина.		

Комплексы на базе двухкривошипных закрытых прессы простого действия с валковой подачей (табл. ПЗ.27) предназначены для автоматической штамповки в однопозиционном штампе деталей различной конфигурации из рулонного материала. В комплексы входит следующее оборудование:

- валковая подача, обеспечивающая подачу ленты в штамп прессы;
- электронное программное устройство для регулирования скорости и величины шага подачи ленты;
- правильное устройство, служащее для правки ленты;
- петлевой компенсатор для набора определенного запаса ленты;
- разматывающее устройство, обеспечивающее постоянную скорость размотки при изменяющемся диаметре рулона;
- загрузочная тележка, предназначенная для размещения рулона, подаваемого цеховым краном, и установки его на барабан разматывающего устройства;
- съемник для удаления отштампованных деталей.

Таблица ПЗ.27. Технические характеристики автоматизированных комплексов для штамповки деталей из ленточного материала на базе однокривошипных закрытых прессы простого действия

Параметр	АККЛ2036.01	АКК2538.01-01	АККТ2540-01
Размеры ленты, мм:			
ширина	150–630	150–700	150–800
толщина	0,5–3,0		
Диаметр рулона, мм:			
наружный	800–1800		
внутренний	490–900		
Ход ползуна, мм	400	320	400

Окончание таблицы ПЗ.27

Параметр	АККЛ2036.01	АКК2538.01-01	АККГ2540-01
Частота ходов ползуна, мин ⁻¹ :			
непрерывных	25	20	
одиночных	20	15	
Номинальное усилие, кН	4000	6300	10 000
Производительность, шт./ч		800	
Суммарная мощность электродвигателей, кВт	99,4	84,4	119,4
Габаритные размеры комплекса (длина×ширина×высота), мм	14680×5700×6180	14450×5700×3518	16566×5700×6790
Масса, т		74,05	
Примечание. Изготовитель: Воронежский завод тяжелых механических прессов.			

Таблица ПЗ.28. Технические характеристики комплексов для штамповки деталей из рулонного материала на базе двухкривошипных закрытых прессов простого действия с валковой подачей

Параметр	АККБ3537.01	АККБ3539.01
Размеры исходной ленты, мм:		
ширина	150–700	400–900
толщина	1,0–2,0	
Номинальное усилие пресса, кН	5000	8000
Частота непрерывных ходов ползуна пресса при шаге подачи до 1,5 м, мин ⁻¹	25	20
Наибольший наружный диаметр исходного рулона, мм	1300	
Скорость правки ленты, м/мин	10–50	
Суммарная мощность электродвигателей, кВт	101,4	130,9
Габаритные размеры (длина×ширина), мм	15000×9000	16000×10000
Масса, т	100	123
Примечание. Изготовитель: Воронежский завод кузнечно-прессового оборудования им. М.И. Калинина.		

Комплексы для штамповки деталей на базе двухкривошипных закрытых прессов простого действия (табл. ПЗ.28) предназначены для штамповки крупногабаритных деталей из штучных листовых заготовок с выполнением операций вырубки, пробивки отверстий, неглубокой вытяжки и т.п.

В состав комплексов входят: пресс, манипулятор, магазины заделов и механизмы выгрузки для выноса деталей, выталкиваемые из верхней половины штампа.

Загрузка манипулятора производится подъемно-транспортными устройствами.

В комплексах предусмотрены: механизм контроля толщины листа; механизм, контролирующий сброс деталей со штампа и исключающий повторение цикла, если деталь со штампа не удалена.

Таблица ПЗ.29. Технические характеристики автоматизированных комплексов на базе двухкривошипных закрытых прессов простого действия

Параметр	АККА3732-1	АККВ3732-1	АККБ3534А-1	АКК3535А-1
Номинальное усилие пресса, кН	1600		2500	3150
Ход ползуна, мм	200	320	400	
Размеры стола (длина×ширина), мм	2000×1250		2500×1250	
Размеры заготовок в плане, мм:				
наибольшие	1200×750		1300×750	
наименьшие	600×400		900×600	
Толщина заготовок, мм		0,8–6		
Габаритные размеры (длина×ширина×высота), мм	5100×3550×4570	4810×3380×5000	5450×600×5855	5450×4600×5855
Масса, т	34,5	29,9	53,7	54,5
Примечание. Изготовитель: Воронежский завод кузнечно-прессового оборудования им. М.И. Калинина.				

Роботизированные линии для штамповки деталей из штучных листовых заготовок на базе однокривошипных открытых прессов простого действия предназначены для одно-, двух-, трех- и четырехоперационной штамповки деталей.

Оборудование линии (табл. ПЗ.30) обеспечивает: непрерывную подачу заготовок с помощью питателя шибера в штамп первого пресса (мод. Л511.14.100; Л511.24.100) или накопителя на позицию захвата автоматического манипулятора (мод. Л411.34.100); загрузку штампов прессов; перемещение полуфабриката между штампами прессов; захват и удаление готовой детали в тару с помощью манипулятора; выполнение технологической операции.

Линия мод. Л521.41.100 (табл. ПЗ.31) при четырехоперационной штамповке обеспечивает подъем и удержание верхнего уровня стопы заготовок, ориентированную подачу ее с помощью поворотного стола первого магазинного устройства на позицию захвата первого автоматического манипулятора; загрузку первым манипулятором штампов первого и второго прессов, транспортировку полуфабриката из штампа второго пресса на планшайбу передающего устройства; ориентированную в двух плоскостях подачу полуфабриката устройством на позицию захвата второго манипулятора, обслуживающего третий и четвертый presses; выполнение технологической операции; захват и удаление готовой детали в тару. Второе магазинное устройство включается в работу линии только при двухпереходной штамповке двумя параллельными потоками.

Линия мод. Л521.42.100 (табл. ПЗ.31) при трехпереходной штамповке обеспечивает: ориентированную подачу стопы заготовок с помощью поворотного стола первого магазинного устройства на позицию захвата трехрукого автоматического манипулятора; загрузку манипулятором штампов первого и второго прессов и транспортировку полуфабриката из штампа второго пресса на планшайбу передающего устройства; ориентированную в двух плоскостях подачу полуфабриката устройством на позицию захвата двурукого манипулятора, обслуживающего третий пресс; выполнение технологи-

ческой операции; захват и удаление готовой детали в тару. Второе магазинное устройство участвует в работе только при двух- и однопереходной штамповке двумя параллельными потоками.

Таблица ПЗ.30. Технические характеристики роботизированных линий

Параметр	Л511.14.100	Л511.24.100	Л511.34.100
Размеры обрабатываемой заготовки, мм:			
длина×ширина, диаметр	90×90	40×40–90×90	Ø250
толщина	0,5–2,0		
Производительность, шт./ч	980	770	980
Пресс КД2124Е (2 шт.) усилие, кН	160	250	400
Автоматический манипулятор модель	КМ1,25Ц4216		МА2,5Ц4202
Суммарная мощность, кВт	4,3	6,0	–
Габаритные размеры (длина×ширина), мм	3100×2700	3000×3000	3200×3800
Масса, кг	3400	4345	–
Примечание. Изготовитель: Сальский завод кузнечно-прессового оборудования.			

Таблица ПЗ.31. Технические характеристики роботизированных линий

Параметр	Л521.41.100	Л521.42.100
Размер обрабатываемой заготовки, мм:		
длина×ширина	100×100 – 450×500	100×100 – 450×500 (для КД2330-02)
толщина	0,5–5	
Производительность, шт./ч	440	450
Пресс:		
модель	КД2330-02 (4 шт.)	КД2330-02 (3 шт.) или КЕ2330 (3 шт.)
усилие, кН	1000	
наименьший ход ползуна, мм	90	
Автоматический манипулятор	КМ5Ц4202 (2 шт.)	КМ5Ц4202 (1 шт.)
Суммарная мощность, кВт	41,5	31,5
Габаритные размеры (длина×ширина×высота), мм	10000×5000×3180	8800×5000×3180
Масса, т	39	30
Примечание. Изготовитель: Воронежский завод кузнечно-прессового оборудования им. М.И. Калинина.		

Линии для многопозиционной штамповки на базе однокривошипных открытых прессов с рейферной подачей (табл. ПЗ.32) предназначены для листовой штамповки деталей широкой номенклатуры и размеров в штампах последовательного действия.

Линия мод. Л533.41.100 комплектуется: стапелирующим устройством, автоматическим загрузочным устройством, контролирующим устройством блокировки хода лент при наличии двоянной заготовки, шестью однокривошипными прессами, рейферным механизмом (манипулятором) с автономным приводом рейферных лент.

Линия мод. Л132.21.100 комплектуется: двухпозиционным разматывающим и правильным устройством, валковой подачей с автономным приводом, четырьмя однокривошипными прессами, системой управления по программе, рейферным механизмом (манипулятором с автономным приводом рейферных лент).

Таблица ПЗ.32. Техническая характеристика автоматических линий для многопозиционной штамповки на базе однокривошипных открытых прессов усилием 1000 кН с рейферной подачей

Параметр	Л533.41.100	Л132.21.100
Размеры заготовки, мм	350×540	315×500
Ширина ленты рулонного материала, мм	–	24–315
Толщина материала, мм	0,8–2	0,5–2
Число прессов	6	4
Производительность, шт./мин	4–20	4–25
Габаритные размеры линии (длина×ширина×высота), мм	10500×3000×3160	12200×2900×2370
Установленная мощность, кВт	73,4	67,4
Масса, т	80	42,8
Примечание. Изготовитель: Барнаульский завод механических прессов.		

3. Оборудование для гибки и правки

Гибочное оборудование

Универсально-гибочные автоматы (табл. ПЗ.33) обладают широкими технологическими возможностями и предназначены для изготовления деталей различных форм и размеров гибкой, вырубкой и пробивкой из калиброванной проволоки или ленты. Автоматы, оснащенные вибробункерами, можно использовать для изготовления деталей из штучных заготовок.

Автоматы оснащены разматывающими и правильными устройствами, механизмами подачи, их выполняют с шестью гибочными ползунами: четырьмя широкими и двумя узкими. Комплект инструмента для формообразования подразделяется на следующие три группы: гибочный инструмент, установленный на гибочных ползунах; вырубной инструмент, размещенный в штамповом пространстве механизма штамповки; направляющие линейки и склизы, установленные между узлами подачи и механизмом штамповки.

Автоматы для холодной навивки пружин муфтного вида (табл. ПЗ.34) предназначены для холодной навивки цилиндрических, конических и бочкообразных пружин с постоянным и переменным шагом правой и левой навивки из проволоки круглого сечения.

Таблица ПЗ.33. Технические характеристики универсально-гибочных автоматов

Параметр	AA7211	AA7213	AA7215	AA7217	A7218
Наибольший диаметр обрабатываемой проволоки, мм	1,2	2	3,2	5	6,3
Наибольшие размеры обрабатываемой ленты (ширина×толщина), мм:	25×1,0	50×1,2	63×1,6	80×2,0	60×1,2
Усилие на гибочном ползуне, кН, не более:					
широком	—	8	63	90	50
узком	1,0	2,0	40		16
узком усиленном	15	—	50	60	—
Усилие двух механизмов штамповки, кН	2×30	2×62,5	2×125	2×250	2×80
Ход ползуна, мм:					
гибочного	35	45	57	86	105
механизма штамповки	14	12	24	36	16
Частота ходов ползун, мин ⁻¹ (регулируемая бесступенчатая)	—	36–360	—	25–250	15–100
Суммарная мощность, кВт	3,3	4,5	7,1	9,3	6,75
Габаритные размеры автомата (длина×ширина), мм	5800××1150	—	7000××1580	6500××1750	—
Масса автомата с разматывающим устройством и электрооборудованием, кг	1530	—	3560	5405	5370
Цена, руб.	66010	—	108650	126690	—
Примечание.					
Изготовитель: АО "Унипресс", г. Серпухов.					

Таблица ПЗ.34. Техническая характеристика автоматов для холодной навивки пружин (муфтного вида)

Параметр	A5209	A5214A	A5216	A5218	A5222
Диаметр навиваемой проволоки d , мм	0,2–0,8	0,8–2,5	1,6–4,0	3,0–6,3	10–16
Наружный диаметр навиваемой пружины (наибольший), мм	25 d	20 d	18 d	16 d	13 d
Скорость подачи проволоки (наибольшая), м/мин	50	60		50	28
Производительность (наибольшая), шт./мин	200	140	110	85	42
Мощность привода, кВт	0,6	2,2	4,0	7,5	18,5
Габаритные размеры (длина×ширина), мм	700××610	1100××720	1220××890	1750××1130	3200××2080
Масса, т	0,34	0,84	1,6	3,5	10,8
Цена, руб.	18426	16650	21090	30414	68820
Примечание.					
Изготовители: A5209, A5214A, A5216, A5218 – ПО КПО, г. Хмельницкий; A5222 – Азовский завод кузнечно-прессовых автоматов.					

Автоматы для холодной навивки пружин кулисного вида (табл. ПЗ.35) предназначены для изготовления цилиндрических, конических и бочкообразных пружин сжатия с

поджатыми и неподжатыми торцовыми витками, с постоянным и переменным шагом правой и левой навивки, а также пружин растяжения с шагом, равным диаметру проволоки, без зацепов и прямых концов.

Таблица ПЗ.35. Технические характеристики автоматов для навивки пружин (кулисного вида)

Параметр	AA5109	AA5114	AA5116
Диаметр, мм:			
навиваемой проволоки d	0,2–0,8	0,8–2,5	1,6–4,0
пружины (наибольший)	25 d	20 d	18 d
Производительность (наибольшая), шт./мин	420	250	160
Мощность главного привода, кВт	1,1	3,7	6,0
Габаритные размеры (длина×ширина×высота), мм	670×710×1240	1300×1000×1600	1600×1130×1800
Масса, т	0,4	1,5	2,6
Примечание.			
Изготовитель: ПО КПО, г. Хмельницкий.			

Автоматы для изготовления пружинных шайб (табл. ПЗ.36) предназначены для навивки одновитковых пружинных шайб. Исходным материалом для изготовления шайб является стальная проволока трапециевидного сечения с временным сопротивлением $\sigma_n = 500 \dots 700$ МПа.

Таблица ПЗ.36. Технические характеристики автоматов для изготовления пружинных шайб

Параметр	A5715	A5719	A5722	A5724	A5727
Внутренний диаметр шайбы, мм	2–3	4–8	10–16	18–24	27–48
Наибольший ход ползуна, мм	18	35	70	107	200
Сечение проволоки, мм:					
наименьшее	0,5×0,5	0,1×1,4	2,0×3,0	3,5×5	5,5×8,0
наибольшее	1,0×1,0	2,5×2,5	5×5	8×8	12×12
Число циклов (регулируемое), мин ⁻¹	400–600	320–500	180–400	140–250	100–170
Мощность привода, кВт	1,37	2,42	6,27	8,0	14,0
Габаритные размеры (длина×ширина), мм	970×605	1200×870	1600×1040	2125×1520	2943×1700
Масса, т	0,4	0,56	1,6	2,8	4,7
Цена, руб.	19980	22866	29082	41070	70596
Примечание.					
Изготовитель: ПО КПО, г. Хмельницкий.					

Полуавтоматы для гибки труб (табл. ПЗ.37) предназначены для пространственной гибки труб диаметром до 20 мм методом обкатывания. Система управления основными

и вспомогательными приводами выполнена на пневматике. Время переналадки с одной трубы на другую составляет 15...20 мин.

Таблица ПЗ.37. Технические характеристики полуавтоматов для гибки труб

Параметр	И0622А	И0622Б
Диаметр изгибаемых труб, мм	6–20	
Наибольшая длина исходной заготовки, мм	2700	1600
Радиус гибки, мм	20–150	
Габаритные размеры (длина×ширина×высота), мм	4355×1160×1670	3295×1160×1670
Масса, кг	2290	2165
Примечание. Изготовитель: Одесское ПО "Прессмаш" им. 60-летия Октября.		

Гидравлические прессы с ЧПУ (табл. ПЗ.38), предназначенные для многопереходной свободной гибки листового металла с одной установки заготовки, применяются в серийном производстве. Программу листогибочных прессов рассчитывают аналитическим методом по чертежу детали. Программируются величины регулировки закрытой высоты пресса (угол гибки заготовки) и перемещение заднего упора (ширина отгибаемой полки). Прессы усилием до 2500 кН оснащены ЧПУ на базе "Электроника НЦ-31", которая обеспечивает программирование полного цикла изготовления детали в полуавтоматическом режиме по всем переходам с заданной точностью. Прессы усилием свыше 2500 кН оснащены системой программного управления с применением блока индикации Ф5134.

Таблица ПЗ.38. Технические характеристики листогибочных гидравлических прессов с программным управлением

Параметр	ИА1430АП	ИА1432П	ИА1432АП	И1434АП	И1436АП
Номинальное усилие, кН	1000	1600		2500	4000
Длина стола и ползуна, мм	4050	3400	5050		6400
Наибольший ход ползуна с учетом регулировки, мм	285		360		320
Скорость ползуна при рабочем ходе, мм/с	21	15		17	12
Число управляемых координат	2	2	2	2	3
Наибольшее число программируемых точек по каждой координате	10	10	10	10	10
Мощность главного привода, кВт	15	18,5		30	37
Габаритные размеры пресса (длина×ширина), мм	4160× ×1715	3500× ×1770	5125× ×1770	5150× ×1990	6500× ×2230
Масса пресса, т	10,6	13,4	14,8	28,8	41,7
Цена, руб.	196080	—	154940	387850	—
Примечание. Изготовитель: АО "Донпрессмаш", г. Азов.					

Машины с поворотной гибочной балкой и ЧПУ (табл. ПЗ.39) предназначены для изготовления различных деталей из листового и полосового металла методом холодной гибки. Машины обладают широкими технологическими возможностями. При оснащении комплектом сменных приспособлений на них можно изготавливать детали широкой номенклатуры: с отогнутыми кромками, типа коробов и труб.

Таблица ПЗ.39. Технические характеристики машин листогибочных с поворотной гибочной балкой и программным управлением

Параметр	ИБ2142П	ИБ2143П	ИБ2144П	ИБ2145П	ИБ2146П
Наибольшая ширина изгибаемого листа, мм	1600	2000	2500	3200	4000
Наибольшая толщина изгибаемого листа, мм	6	5	4,5	4	3,5
Число программируемых операций (наибольшее)	10				
Суммарная мощность, кВт	9,7				
Габаритные размеры (длина×ширина×высота над уровнем пола), мм	3020×2000× ×2420	3370×2000× ×2420	3860×2000× ×2420	4560×2000× ×2420	5360×2000× ×2420
Масса, т	6,0	6,3	7,3	8,5	10,0
Цена, руб.	231660	239760	251100	258390	267300
Примечание. Изготовитель: АО Гидропрессов, г. Нелидово.					

Правильное оборудование

Автоматы с вращающейся правильной рамкой для круглого металла (табл. ПЗ.40) предназначены для правки из бунта холоднотянутого и горячекатаного металла с временным сопротивлением разрыву до 800 МПа и резки его на мерные прутки длиной 100...9000 мм. Автоматы обеспечивают получение выправленных прутков с бесступенчатой регулировкой их длины с точностью ± 3 мм (для прутков длиной до 4 м). Автоматы используются в машиностроительной и металлургической промышленности, а также на предприятиях строительной промышленности.

В комплект инструмента входят подающие ролики, правильные сухари со вставками, отрезная втулка и нож.

Прессы правильные с ЧПУ (табл. ПЗ.41) предназначены для точной автоматической правки цилиндрических валов, получивших искривления после термической обработки. Управление технологическим процессом правки осуществляется от системы ЧПУ. Основой правильного пресса является стандартный одностоенный гидравлический пресс.

Особенностью пресса является необходимость его поставки заказчику с разработанными рабочими программами для ЧПУ и инструментальными наладками для конкретных деталей. Поэтому заказчику оборудования необходимо предварительно согласовать с заводом-изготовителем возможность разработки рабочих программ и инструментальных наладок для правки требуемых деталей.

Таблица ПЗ.40. Технические характеристики автоматов правильно-отрезных с вращающейся правильной рамкой для круглого металла

Параметр	ИВ6118	И6122	И6022А
Диаметр выправляемого и отрезаемого проката, мм:			
гладкого профиля	2,5–6,3	6,3–16	
периодического профиля	–	–	6–12
Скорость правки, м/мин	30–90	25–75	30; 45; 90
Частота вращения правильной рамки (регулируемая), мин ⁻¹	2500; 5000	1000; 2000	
Длина отрезаемого стержня, мм	100–6000	100–9000	
Мощность привода, кВт	2,0–6,5	7–9,2	7,9–14,6
Габаритные размеры (длина×ширина×высота над уровнем пола), мм	8200×950×1350	12040×1420× ×1640	12170×1560× ×2000
Масса, т	2,5	5,54	6,45
Цена, руб.	16 675	125 396	–
Примечание. Изготовители автоматов: ИВ6118 и И6122 – ПО КПО г. Хмельницкий; И6022А – Гомельский станкостроительный завод им. С.М. Кирова			

Таблица ПЗ.41. Технические характеристики гидравлических правильных прессов с ЧПУ

Параметр	П6118Ф2	П6122П	П6126Ф2	К12.322.01
Номинальное усилие, кН	63	160	400	160
Ход штока, мм	400	125–150	500	10
Наибольшее расстояние, мм, между:				
столом и штоком	–	–	540	–
центрами	–	–	1220	–
Высота центров над столом, мм	–	–	200	–
Скорость перемещения бойка при рабочем ходе, не менее, мм/с	–	38–50	10	–
Число точек правки	2	3	5	3
Точность правки, мм	0,025		0,3	0,025
Мощность привода, кВт	4,5	3	11	3
Габаритные размеры пресса* (длина×ширина×высота), мм	1400×3700× ×2000	1900×1865× ×1480	3500×2450× ×2900	2250×2325× ×1530
Масса пресса, т **	2,0	1,35	4,2	1,55***
* Без ЧПУ, электрошкафа и насосной установки. ** Без ЧПУ, электрошкафа и насосной установки. *** С гидроагрегатом и устройством ЧПУ. Примечание. Изготовитель: Оренбургское ПО "Гидропресс".				

Правильные передвижные прессы (табл. ПЗ.42) обладают широкими технологическими возможностями. Пресс мод. П0234 предназначен для правки листового проката, сварных металлоконструкций, а также деталей типа валов.

Пресс мод. П425 двухколонного исполнения предназначен для правки валов и других аналогичных изделий после термической обработки. Привод пресса – индивидуальный гидравлический. Для удобства управления прессом вдоль него расположен пластинчатый транспортер, вместе с которым оператор передвигается вдоль пресса.

Пресс мод. П6242А двухколонного исполнения.

Таблица ПЗ.42. Технические характеристики гидравлических передвижных прессов

Параметр	П0234	П425	П6242А
Номинальное усилие, кН	2500	5000	16000
Наибольший ход плунжера, мм	1000	600	800
Скорость перемещения плунжера при рабочем ходе, мм/с	0,5; 3,5	1–3	1,9
Длина стола, мм	6000	10000	12000
Скорость перемещения пресса вдоль стола, мм/с	175	45	75; 152
Габаритные размеры изделий, мм:			
длина	6000	10000	3000–12000
диаметр	–	400	200–600
Суммарная мощность, кВт	14,4	25,1	87,8
Габаритные размеры (длина×ширина×высота над уровнем пола), мм	6700×4500× ×4300	9070×2620× ×5235	18100×4900× ×6700
Общая высота, мм	4550	6345	10800
Масса, т	44,5	32	217
Примечание. Изготовители: П0234, П425 – Одесское ПО "Прессмаш" им. 60-летия Октября; П6242А – Новосибирский завод "Тяжстанкогидропресс".			

Прессы (табл. ПЗ.43) предназначены для правки в штампах отливок из ковкого чугуна. Применяются на машиностроительных предприятиях различных отраслей промышленности.

Таблица ПЗ.43. Технические характеристики прессов гидравлических для правки отливок из ковкого чугуна

Параметр	П0034	П0037
Номинальное усилие пресса, кН	2500	5000
Ход, мм:		
ползуна	700	900
выдвижного стола	700	1400
Скорость ползуна при ходе рабочем, мм/с	23	12
Скорость выдвижного стола, мм/с	500	380
Мощность привода, кВт	22	

Окончание таблицы ПЗ.43

Параметр	П0034	П0037
Габаритные размеры (длина×ширина×высота над уровнем пола), мм	3500×3500×4625	4400×5500×5300
Масса, т	25	35
Примечание. Изготовитель: Оренбургское ПО "Гидропресс".		

В процессе горячего выдавливания – экструзии – фасонные профили в результате неравномерного остывания и глубокой деформации металла искривляются, поэтому все профили требуют обязательной правки. Наиболее эффективная правка осуществляется с использованием правильно-растяжных машин, обеспечивающих правку профилей разнообразных сечений длиной до 30 м методом растяжения и раскручивания (табл. ПЗ.44).

Таблица ПЗ.44. Технические характеристики правильно-растяжных машин для профилей

Параметр	И5022	И5024	И5028	И5030	И5032	ИА5034
Номинальное усилие, кН	160	250	630	1000	1600	2500
Скорость растяжения профиля, мм/с	100					
Частота раскручивания профиля, мин ⁻¹	—	—	5	3,5	3,0	2,5
Наибольший ход главного поршня, мм	1600					
Мощность привода, кВт	49,4		60	87,5	128,8	103
Габаритные размеры (длина×ширина×высота над уровнем пола), мм	24335× ×2470× ×2860	42620× ×2200× ×3030	44600× ×2720× ×1615	27300× ×3070× ×1870	26300× ×4100× ×2525	35500× ×4500× ×2120
Масса, т	14,8	20,8	28	45	63	131
Примечание. Изготовитель: Азовский завод кузнечно-прессового оборудования.						

Валковое оборудование

Листогибочные машины (табл. ПЗ.45), созданные Экспериментальным научно-исследовательским институтом кузнечно-прессового машиностроения (ЭНИКМАШ), предназначены для изготовления обечаек постоянной кривизны за один проход заготовки между рабочими валками с одновременной подгибкой кромок; гибки листовых заготовок с предварительно обработанными поверхностями без повреждения последних; гибки листовых заготовок с предварительно вырубленными или вырезанными отверстиями различных конфигураций без искажения последних; гибки-калибровки по насаженной на верхний валок цилиндрической оправке.

Машина мод. И2314 работает в автоматическом и наладочном режимах, машина мод. И0316 – в автоматическом, полуавтоматическом и наладочном режимах. Машины оснащены комплектом средств механизации: передним столом, механизмами поддержки и сталкивания обечаек, приемным столом.

Таблица ПЗ.45. Технические характеристики двухвалковых листогибочных машин

Параметр	И2314	И0316
Наибольшие размеры изгибаемых листов ($\sigma_s = 250$ МПа), мм:		
толщина	2,5	4
ширина	2000	1250
Скорость гибки, м/мин	6–12	8
Мощность электродвигателей, кВт	18	7,62
Габаритные размеры (длина×ширина×высота над уровнем пола), мм	3735×1070×2380	2400×650×1110
Масса, кг:		
собственно машины	5000	2170
машины со средствами механизации (без листоукладчика)	6500	3170

4. Оборудование для холодной объемной штамповки

Холодная объемная штамповка является одним из прогрессивных направлений современной технологии обработки металлов давлением. Данный метод обработки позволяет получать детали с точными размерами, высоким качеством поверхности и повышенными механическими свойствами.

Чеканочные прессы с грейферной подачей (табл. ПЗ.46) предназначены для выполнения различных штамповочных операций: чеканки, калибровки, объемной формовки, правки и т.д. На прессах автоматизированы: поштучная подача заготовки из стопы магазина на исходную позицию грейферной подачи, подача заготовок в штамповое производство прессы, перенос заготовок по позиции и удаление готовых деталей в отводящий лоток.

Таблица ПЗ.46. Технические характеристики кривошипно-коленных чеканочных прессов с грейферной подачей

Параметр	КБ8334.01	КБ8336.02	КБ8340.01
Номинальное усилие, кН	2500	4000	10000
Частота непрерывных ходов ползуна, мин ⁻¹	60	50	32
Ход ползуна, мм	120	130	170
Размеры стола в плане, мм	400×400	—	800×800
Суммарная мощность электродвигателей, кВт	8,5	15,85	27
Габаритные размеры (длина×ширина×высота над уровнем пола), мм	1730×1465×2605	2005×1400×2720	2830×1730×4050
Масса, т	5,8	9,2	26,5
Примечание. Изготовитель: Барнаульский завод механических прессов.			

Журнал ОСНОВНЫЕ Средства

РЫНОК ЦЕНЫ АНАЛИЗ

Подписной индекс по каталогу агентства «Роспечать» 72142

5000 ПРЕДЛОЖЕНИЙ
С УКАЗАНИЕМ ЦЕН И ПРОДАВЦОВ ПО ПРОДАЖЕ

тел: (095) 964-1575

964-0555, 964-0556

<http://www.osl.ru>

e-mail: info@osl.ru

**СТРОИТЕЛЬНОЙ
ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ
ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ
ПРИЦЕПОВ
ЗАПЧАСТЕЙ
ГСМ И СОЖ
КОМПЛЕКТУЮЩИХ
ОБОРУДОВАНИЯ
И ИНСТРУМЕНТА
ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
И АВТОСЕРВИСА**



ОБ АВТОРАХ



Попеско Антонина Ивановна. Родилась в 1960 году в г. Комсомольске-на-Амуре. В 1982 году окончила строительный факультет Комсомольского-на-Амуре политехнического института по специальности "Промышленное и гражданское строительство". С 1982 года преподает в Комсомольском-на-Амуре политехническом институте (в настоящее время техническом университете). Доктор технических наук, профессор кафедры "Промышленное и гражданское строительство". С 1997 года активно занимается вопросами оценки собственности. Эксперт-оценщик бизнеса. Является руководителем Центра профессиональной оценки собственности при Комсомольском-на-Амуре государственном техническом университете.

Общий список научных и методических трудов составляет более 75 наименований, в том числе 15 – в области оценки собственности.



Ступин Александр Валерьевич. Родился в 1959 году в пгт. Литовко Амурского района Хабаровского края. В 1981 году окончил механический факультет Комсомольского-на-Амуре политехнического института по специальности "Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты". С 1986 года преподает в Комсомольском-на-Амуре политехническом институте (в настоящее время техническом университете). Кандидат технических наук, доцент кафедры "Компьютерная графика, проектирование машин и оборудования", дипломированный оценщик.

Автор более 75 научных и методических трудов, в том числе 3 учебных пособий, 24 статей в различных изданиях.



Чесноков Сергей Анатольевич. Закончил Московский инженерно-строительный институт. Кандидат технических наук с 1983 года. Доцент. Опубликовал 35 работ по вопросам теории механизмов, машин и автоматических линий. С 1995 года заведующий кафедрой бухгалтерского учета, экономического анализа, аудита и оценки собственности Государственной академии повышения квалификации и переподготовки кадров для строительства и жилищно-коммунального комплекса России.

Антонина Ивановна Попеско
Александр Валерьевич Ступин
Сергей Анатольевич Чесноков

**ИЗНОС ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН
И ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ ОЦЕНКЕ
ИХ РЫНОЧНОЙ СТОИМОСТИ**

Учебное пособие

Редактор *С.А. Серебрякова*
Корректор *Е.О. Колесникова*

Изд. лиц. № 030807 от 19.02.98.

Подписано в печать 21.11.02. Формат 70×100/16. Бумага офсетная.
Печ. л. 15,25. Усл.-печ. л. 13,25. Уч.-изд. л. 12,53. Тираж 1000 экз.

ОО "Российское общество оценщиков"
107078, Москва, Новая Басманная, 21-1

10 ЛЕТ
мы первые!



**РОССИЙСКОЕ
ОБЩЕСТВО
ОЦЕНЩИКОВ**

РОССИЙСКОЕ ОБЩЕСТВО ОЦЕНЩИКОВ (РОО) — профессиональная общественная организация, объединяющая специалистов в области оценочной деятельности. Основной целью РОО является содействие деятельности специалистов, занимающихся оценкой различных видов гражданских прав, и создание цивилизованного рынка оценки в России.

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ РОО

- ☐ Защита профессиональных интересов членов общества
- ☐ Разработка стандартов РОО по оценке различных видов гражданских прав.
- ☐ Участие в разработке государственных стандартов оценки.
- ☐ Участие в законодательном процессе с целью развития оценочной деятельности.
- ☐ Консультации и методическая помощь членам РОО и потребителям оценочных услуг.
- ☐ Аттестация оценщиков — членов РОО с последующим присвоением квалификационных званий.
- ☐ Сертификация оценочных фирм, предпринимателей без образования юридического лица.
- ☐ Аккредитация оценочных фирм и предпринимателей без образования юридического лица.
- ☐ Консультации по правовым вопросам, связанным с профессиональной оценочной деятельностью.
- ☐ Независимая экспертиза отчетов об оценке, методик и программных продуктов.
- ☐ Консультации потребителям оценочных услуг по подбору оценщиков и оценочных фирм.
- ☐ Подготовка и проведение конгрессов, международных и региональных научно-практических конференций, учебных семинаров.
- ☐ Издание профессиональной специализированной литературы, в том числе, бюллетеня «Российский оценщик» и профессионального научно-практического журнала «Вопросы оценки».
- ☐ Издание ежегодного Реестра оценщиков и оценочных фирм.
- ☐ Предоставление доступа к информационной базе РОО:
- ☐ Развитие и поддержание связей с профессиональными организациями оценщиков зарубежных стран.

Быть членом Российского общества оценщиков престижно, поскольку это открывает возможности повышения профессионального уровня и позволяет реально влиять на процесс становления оценки и капитализма в нашей стране.

107078, Москва, ул. Новая Басманная, д. 21, стр. 1

т/ф: (095) 267-46-02, 267-56-10, 267-26-67

E-Mail: info@mrsa.dol.ru <http://www.mrsa.ru/>