

ВВЕДЕНИЕ

Сохранение точности и безотказности работы металлообрабатывающего оборудования возможно только при выполнении правил эксплуатации, направленных на защиту оборудования от влияния вредных факторов, возникающих в процессе его работы. Правила монтажа и технической эксплуатации оборудования охватывают широкий круг вопросов, включающий устройство помещений; выбор рациональной схемы монтажа; оптимальные режимы работы; выполнение требований по техническому обслуживанию и тщательный надзор за выполнением этих требований. В связи с этим главной целью рациональной эксплуатации металлообрабатывающего оборудования является гарантирование длительной и безотказной работы его узлов и механизмов с установленной производительностью и характеристиками качества обработки при наименьших расходах на восстановление работоспособности. Как показывает опыт эксплуатации оборудования, даже при тщательно организованной системе обслуживания невозможно обойтись без ремонтных работ различного уровня.

Высокие технико-экономические показатели при выполнении ремонта могут быть достигнуты лишь в результате систематизации всех работ, производимых одновременно в направлениях: улучшение содержания действующего оборудования; соблюдение сроков выполнения планово-предупредительного ремонта; улучшения качества ремонтных работ за счет использования современных материалов и технологий.

Цель учебного пособия — ознакомление будущих специалистов с основами организационных и технических мероприятий по выявлению неисправностей, надзору, обслуживанию и ремонту металлообрабатывающего оборудования, которые должны проводиться профилактически по заранее составленному плану с целью предотвращения прогрессивного износа, предупреждения аварий и поддержания металлообрабатывающего оборудования в постоянной эксплуатационной готовности.

Данное учебное пособие охватывает основные разделы вышеуказанных мероприятий, решает задачу формирования у студентов практических умений и навыков выявления неисправностей, обслуживания и ремонта металлообрабатывающего оборудования.

Практикум включает 13 практических работ, рассчитанных на 36 ч аудиторных занятий и охватывающих основные разделы дисциплины.

Все практические работы, представленные в пособии, изложены по единой схеме.

1. Цель работы.
2. Теоретический раздел.
3. Постановка задачи и порядок выполнения работы.
4. Содержание отчета.
5. Контрольные вопросы.

Перед началом выполнения практической работы преподавателю рекомендуется проверить уровень теоретической подготовки студента к данной работе, а также содержание и последовательность ее выполнения.

Предварительно студент должен ознакомиться с теоретическим разделом практической работы.

В целях лучшего использования времени при выполнении практических работ рекомендуется каждому студенту заранее подготовить форму отчета со всеми протоколами и эскизами, приведенными в каждой практической работе.

Учебное пособие может быть полезно для студентов других специальностей, инженерно-технических работников машиностроительных предприятий и проектных организаций.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 1.

ВЫЯВЛЕНИЕ ВОЗМОЖНЫХ НЕИСПРАВНОСТЕЙ МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ

1. Цель работы

Получить практические навыки определения типовых неисправностей металлообрабатывающего оборудования и методов их устранения.

2. Теоретический раздел

Потери от внезапного выхода из строя ответственных элементов металлообрабатывающего оборудования дорого обходятся бюджету предприятия. В станках могут быть различного рода неисправности. Многие из них возникают из-за несоблюдения инструкций по уходу и обслуживанию. В любом случае, прежде чем приступить к устранению неисправности, нужно ознакомиться с перечнем типовых неисправностей и методами их устранения в руководствах по обслуживанию металлообрабатывающего оборудования или в информации по сервисному и техническому обслуживанию (см. пример на рис. 1.1). При идентичности характера возникшей неисправности с описанной, нужно воспользоваться предлагаемыми методами устранения.

Руководство по устранению неисправностей		
Признак	Вероятные причины	Способ устранения
Устройство включено, но индикатор переключателя питания не горит	Блок управления не получает питания	Проверьте шнур питания, предохранитель и источник переменного тока
Кнопки Start (Пуск) и Zero Return (Возврат в нужную точку) на передней панели не работают	В режиме программирования (Program) или параметр 6 установлен на 1	Измените параметр 6 на 0. Включите режим выполнения (RUN)
При попытке ввода программы появляется индикация «Error»	Параметр 7 установлен на 1	Измените параметр 7 на 0
Вибрация заготовки при индексации или непрерывной обработке	1. Не работает тормоз (HRT и TRT). 2. Сильный люфт. 3. Сильный люфт червяка	Обратитесь в отдел технического обслуживания Naas
HA5Ci A6 — заедание цанги с жестким упором и/или недостаточное зажимное усилие	Сильное трение шпинделя/цанга	Смажьте шпиндель и цангу смазкой с дисульфидом молибдена
Утечка воздуха в районе заднего тормозного диска, HRT и TRT	Задувание стружки в зазор между уплотнительным кольцом и тормозным диском	Обратитесь в отдел технического обслуживания Naas. (Не используйте пневмопистолет вокруг тормозного диска)
HRT(A6) — залипание цанги с жестким упором и/или недостаточное зажимное усилие	Сильное трение шпинделя/цанга	Смажьте шпиндель и цангу смазкой с дисульфидом молибдена

Рис. 1.1

Фрагмент перечня типовых неисправностей и методы их устранения в руководстве по обслуживанию станка Naas

Для разработки таблицы перечня типовых неисправностей и методов их устранения необходимо выполнить анализ служебного назначения, конструкции и условий работы металлообрабатывающего оборудования.

При анализе конструкции и условий работы металлообрабатывающего оборудования следует учитывать, что технологическое оборудование, как правило, имеет сложную, иерархическую структуру и разделяется на отдельные системы, которые могут рассматриваться как совокупность отдельных систем, подсистем и элементов.

Например, металлорежущий станок может включать в себя следующие системы.

1. Система «Главный привод» (обеспечивает движение инструмента или заготовки со скоростью резания, сообщает исполнительному элементу движение с заданными параметрами, передает движение заготовке или инструменту со скоростью резания).

2. Система «Привод подачи» (обеспечивает движение подачи и позиционирование, перемещение инструмента относительно заготовки со скоростью подачи).

3. Несущая система (обеспечивает определенное взаимное расположение инструмента с обрабатываемой деталью и заданные траектории движения элементов станка).

4. Система смены заготовок (обеспечивает загрузку и выгрузку заготовок).

5. Система смены инструмента (обеспечивает замену и зажим инструмента).

6. Система удаления стружки (обеспечивает своевременное удаление стружки из рабочей зоны и от станка).

7. Система обеспечения подачи смазочно-охлаждающей технологической среды (обеспечивает своевременную и дозированную подачу СОТС, отвод и сбор СОТС).

8. Система ручного управления (обеспечивает ручное управление работой станка в режиме наладки).

9. Система автоматического управления (обеспечивает автоматическую работу станка по заданной программе и поддерживает заданный режим работы станка).

10. Система адаптивного управления (обеспечивает адаптацию работы узлов станка к изменяющимся условиям обработки).

11. Система контроля (обеспечивает контроль точности обработки и качества обрабатываемой поверхности, контроль состояния инструмента, контроль технических характеристик узлов станка, отключение станка при поломках узлов).

12. Система смазки (обеспечивает смазку узлов станка в процессе эксплуатации).

13. Система электропитания и электроавтоматики (обеспечивает электропитание узлов и систем станка в процессе эксплуатации).

14. Система гидроприводов оборудования (обеспечивает рабочие и вспомогательные перемещения узлов оборудования, загрузочно-разгрузочных устройств и технологической оснастки).

На основе анализа служебного назначения, конструкции и возможных условий работы систем металлообрабатывающего оборудования определяются признаки, возможные причины возникновения и способы устранения неисправностей, возникающих при его эксплуатации. Рекомендации по выявлению признаков, причин возникновения и способов устранения неисправностей систем и узлов для металлообрабатывающего оборудования приведены в Приложении А, таблицы А.1, А.2 и в [1].

Описание признаков, возможные причины возникновения и способы устранения неисправностей, возникающих при эксплуатации анализируемого металлообрабатывающего оборудования, рекомендуется оформлять в виде таблицы (см. табл. 1.1).

Таблица 1.1

Характерные неисправности станка модели _____

Система	№	Характер неисправности	Возможные причины возникновения	Методы устранения
	1			
	2			
	...			
	1			
	2			
	...			
	1			
	2			
	...			

3. Порядок выполнения работы

3.1. Получить вариант задания на практическую работу, изучить методическое пособие.

3.2. Выполнить анализ служебного назначения, конструкции и условий работы металлообрабатывающего оборудования.

3.3. Составить перечень систем анализируемого металлообрабатывающего оборудования.

3.4. Определить признаки, возможные причины возникновения и способы устранения неисправностей в системах металлообрабатывающего оборудования, возникающих при его эксплуатации.

3.5. Сформулировать выводы по работе.

4. Содержание отчета

4.1. Цель работы.

4.2. Перечень систем анализируемого металлообрабатывающего оборудования.

4.3. Признаки, возможные причины возникновения и способы устранения неисправностей в системах металлообрабатывающего оборудования, возникающих при его эксплуатации (табл. 1.1).

4.4. Выводы по работе.

5. Контрольные вопросы

- 5.1. Цель разработки перечня типовых неисправностей и методов их устранения.
- 5.2. В каких документах может быть размещен перечень типовых неисправностей металлообрабатывающего оборудования?
- 5.3. Что называется функцией технической системы и как выполняют анализ функции технической системы?
- 5.4. Поясните понятие «иерархическая структура».
- 5.5. Перечень систем, характерных для металлообрабатывающего оборудования.
- 5.6. Какие подсистемы входят в «Систему обеспечения подачи СОТС»?
- 5.7. Какие подсистемы входят в систему «Главный привод»?
- 5.8. Какие подсистемы входят в систему «Привод подачи»?
- 5.9. Какие подсистемы входят в «Систему удаления стружки»?
- 5.10. Какие подсистемы входят в «Систему смены заготовок»?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 2.

РАЗРАБОТКА СТРУКТУРЫ РЕМОНТНОГО ЦИКЛА МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ

1. Цель работы

Получить практические навыки разработки структуры ремонтного цикла металлообрабатывающего оборудования.

2. Теоретический раздел

Повреждения и износы деталей механической части оборудования, вызывающие необходимость в ремонтах, могут быть разделены на две основные группы:

- износ и повреждение деталей внутри сборочных единиц, не вызывающие нарушения правильности взаимодействия последних, но в ряде случаев приводящие к потере точности оборудования из-за возникновения вибраций при взаимодействии износившихся деталей;
- износ рабочих поверхностей базовых деталей сборочных единиц, приводящий к нарушениям первоначальных траекторий их взаимного перемещения и непосредственно вызывающий потерю точности или снижение производительности оборудования.

Для устранения повреждений и износов, относящихся к различным группам, требуются принципиально различающиеся по характеру ремонтные работы. Поэтому по составу и объему работ рациональная система технического обслуживания и ремонта оборудования предусматривает следующие виды ремонтов.

Текущий ремонт (ТР) — «ремонт, выполняемый для обеспечения или восстановления работоспособности изделия и состоящий в замене и (или) восстановлении отдельных частей» [1]. При выполнении ТР производится замена некоторых деталей. Работы могут сопровождаться выполнением разборочных работ, с последующей сборкой и регулировкой.

Средний ремонт (СР) — «ремонт, выполняемый для восстановления исправности и частичного восстановления ресурса изделий, с заменой или восстановлением составных частей ограниченной номенклатуры и контролем технического состояния составных частей, выполняемом в объеме, установленном в нормативно-технической документации» [1]. При выполнении СР производится замена некоторых деталей (новыми или восстановленными) или сборочных единиц. Работы сопровождаются выполнением разборочных работ, с последующей сборкой и регулировкой.

Капитальный ремонт (КР) — «ремонт, выполняемый для восстановления исправности полного или близкого к полному восстановлению ресурса изделия с заменой или восстановлением любых его частей, включая базовые» [1]. Как правило, при выполнении КР выполняется замена или восстановление всех изношенных или поврежденных деталей сборочных единиц и восстановление первоначальных траекторий перемещения узлов оборудования. Работы сопро-

вождаются полной разборкой станка, с последующими сборкой и регулировкой. При капитальном ремонте во время разборки машины обязательно составляется ведомость дефектов ремонтируемого агрегата.

Все виды работ по плановому ремонту выполняются в определенной очередности и образуют циклы.

Ремонтный цикл — наименьший повторяющийся интервал времени или наработка изделия, в течение которых выполняются в определенной последовательности в соответствии с требованиями нормативно-технической или эксплуатационной документации все установленные виды ремонта.

Ремонтный цикл характеризуется структурой цикла, длительностью цикла, длительностью межоперационного периода (период эксплуатации оборудования между двумя плановыми ремонтами) и заканчивается капитальным ремонтом.

Структура ремонтного цикла (РЦ) — список видов ремонтов, входящих в состав структуры, расположенных в очередности их исполнения.

Длительность ремонтного цикла ($T_{РЦ}$) — период эксплуатации оборудования (в часах), в течение которого выполняются все ремонты, входящие в состав цикла. Простой оборудования, связанные с выполнением ремонтов, а также технического обслуживания, в продолжительность ремонтного цикла не входят.

Например, структуру цикла, включающего в себя четыре текущих ремонта, один средний ремонт и один капитальный ремонт, записывают следующим образом:

$$\frac{КР — ТР — ТР — СР — ТР — ТР — КР}{T_{РЦ}}.$$

Длительность ремонтного цикла рассчитывают по формуле

$$T_{РЦ} = \beta_{п} \cdot \beta_{м} \cdot \beta_{у} \cdot \beta_{т} \cdot A,$$

где $\beta_{п}$ — коэффициент, учитывающий тип производства; $\beta_{м}$ — коэффициент, учитывающий вид обрабатываемого материала; $\beta_{у}$ — коэффициент, учитывающий условия эксплуатации оборудования; $\beta_{т}$ — коэффициент, учитывающий весовую категорию станка; A — номинальный цикл ремонта, зависящий от возраста станка. Значения номинальных циклов ремонта (A) и коэффициентов ($\beta_{п}$, $\beta_{м}$, $\beta_{у}$, $\beta_{т}$) приведены в Приложении Б, таблицы Б.1–Б.4 и в [1].

Структуры ремонтных циклов металлообрабатывающего оборудования показаны в таблице 2.1. Структура РЦ металлообрабатывающих станков с ЧПУ назначается с учетом минимально возможного количества разборок их узлов. Желательно использовать девятипериодную структуру:

$$\frac{КР — ТР — ТР — ТР — СР — ТР — ТР — ТР — КР}{T_{РЦ}}.$$

Для **промышленных роботов** категории сложности ремонта определяются в зависимости от их конструктивных характеристик по таблицам категорий сложности ремонта оборудования с ЧПУ, а длительность межоперацион-

ных периодов по аналогии с периодами межремонтного обслуживания станков с ЧПУ. Как правило, длительность межоперационных периодов принимают равной 8–10 мес.

Для **автоматических линий** структуру ремонтного цикла назначают с учетом разнообразия служебного назначения и состава металлообрабатывающего оборудования входящего в них, предъявляемым к каждой единице оборудования технических и эксплуатационных требований, а также жесткого лимита времени на простои металлообрабатывающего оборудования в ремонте. Срок службы автоматических линий может быть принят за длительность условного ремонтного цикла (12 лет).

Таблица 2.1

Структуры ремонтных циклов металлообрабатывающего оборудования

Класс точности	Масса оборудования, т	Структура ремонтного цикла	Число ТР в цикле	Число операций ТО в межремонтном обслуживании
Н	До 10	КР — ТР — ТР — СР — ТР — КР	4	5
	10–100	КР — ТР — ТР — СР — ТР — ТР — КР	5	12
	Более 100	КР — ТР — ТР — ТР — СР — ТР — ТР — КР	6	21
П, В, А, С	До 10	КР — ТР — ТР — ТР — СР — ТР — ТР — ТР — КР	8	9
	10–100	КР — ТР — ТР — ТР — ТР — СР — ТР — ТР — КР		18
	Более 100	КР — ТР — ТР — ТР — ТР — СР — ТР — ТР — ТР — КР	9	30

Для загрузочных устройств и транспортных систем (в зависимости от их технологического назначения и сложности конструкции) длительность ремонтного цикла составляет 3–7,5 лет, а структура обычно имеет вид:

КР–О–О–ТР–О–О–ТР–О–О–ТР–О–О–ТР–О–О–ТР–О–О–ТР–О–О–КР.

При назначении структуры ремонтных циклов необходимо учитывать следующее:

- 1) каждая единица оборудования или автоматическая линия в целом обладает собственной структурой ремонтного цикла;
- 2) циклы оборудования, входящего в компоновку автоматической линии, должны быть взаимосвязаны организационно;
- 3) для более точного учета технического состояния станков в состав структуры ремонтного цикла должно вводиться дополнительное количество осмотров.

В качестве показателя для сравнения объемов ремонтных работ, а также для их сопоставления в течение ряда лет применяется единица ремонтосложности оборудования.

Единица ремонтосложности механической части оборудования R_m — это ремонтосложность некоторой условной машины, трудоемкость капитального ремонта механической части которой, отвечающего по объему и качеству

требованиям ТУ на ремонт, равна **50 ч** в неизменных организационно-технических условиях среднего ремонтного цеха машиностроительного предприятия.

Единица ремонтосложности электрической части оборудования R_e — это ремонтосложность некоторой условной машины, трудоемкость капитального ремонта электрической части которой, отвечающего по объему и качеству требованиям ТУ на ремонт, равна **12,5 ч** в таких же условиях, при которых определяется R_m .

Значения R_m и R_e для некоторых марок металлообрабатывающего оборудования приведены в Приложении Б, таблица Б.5 и в [1].

Для механообрабатывающего оборудования время на ремонт рассчитывается исходя из времени в часах на единицу ремонтной сложности:

$$T_{\text{рем}} = T_p \cdot R,$$

где T_p — трудоемкость единицы ремонтной сложности, ч.

Годовые затраты времени в часах на заданный вид ремонта единицы оборудования:

$$T_r = T_p \cdot n_{(T; C)} \cdot R \cdot K_{\text{ц}},$$

где $n_{(T; C)}$ — количество текущих и средних ремонтов; T_p — трудоемкость единицы ремонтной сложности, ч; R — категория ремонтной сложности; $K_{\text{ц}}$ — коэффициент цикличности.

Длительность межремонтного периода (в месяцах) определяется по формуле

$$T_{\text{р.пер}} = \frac{T_{\text{рц}}}{n_{(T, C)} + 1},$$

где $T_{\text{рц}}$ — длительность межремонтного цикла, месяц; $n_{(T, C)}$ — количество ремонтов, предусмотренных структурой ремонтного цикла.

Длительность межосмотрового периода (в месяцах) определяется по формуле

$$T_{\text{осм}} = \frac{T_{\text{рц}}}{n_{(T, C)} + n_{\text{осм}} + 1},$$

где $n_{\text{осм}}$ — количество осмотров, предусмотренных структурой ремонтного цикла.

3. Порядок выполнения работы

3.1. Получить вариант задания на практическую работу, изучить методическое пособие.

3.2. С использованием сети Интернет найти фотографию (или рисунок) и техническую характеристику заданного металлообрабатывающего оборудования.

3.3. По технической характеристике заданного металлообрабатывающего оборудования, году выпуска и условиям эксплуатации назначить перечень видов ремонтов, входящих в ремонтный цикл.

3.4. Используя таблицы из Приложения Б или приведенные в [1], рассчитать длительность ремонтного цикла для заданного металлообрабатывающего оборудования.

3.5. Рассчитать годовые затраты времени в часах на каждый вид ремонта.

3.6. Описать разработанную структуру ремонтного цикла.

3.7. Сформулировать выводы по работе.

4. Содержание отчета

4.1. Цель работы.

4.2. Изображение, техническая характеристика и условия эксплуатации заданного металлообрабатывающего оборудования.

4.3. Расчет длительности ремонтного цикла, годовых затрат времени в часах на каждый вид ремонта и длительности межосмотрового периода.

4.4. Описание разработанной структуры ремонтного цикла.

4.5. Выводы по работе.

5. Контрольные вопросы

5.1. На какие основные группы могут быть разделены повреждения и износы деталей механической части оборудования, вызывающие необходимость в ремонтах?

5.2. Каким показателем характеризуется ремонтный цикл?

5.3. Как рассчитывают длительность ремонтного цикла?

5.4. Раскройте понятие «Текущий ремонт».

5.5. Раскройте понятие «Капитальный ремонт».

5.6. Раскройте понятие «Средний ремонт».

5.7. Факторы, определяющие длительность ремонтного цикла.

5.8. Раскройте понятие «Ремонтный цикл».

обозначением указывают: К — капитальный, Т — текущий. В графах 23 и 24 соответственно записываются годовой простой оборудования в ремонте и годовой фонд рабочего времени.

Для составления годового графика ППР металлообрабатывающего оборудования необходимы нормативы периодичности его ремонта. Эти данные можно найти в паспортных данных завода-изготовителя на оборудование, если завод это специально регламентирует, либо использовать справочник [2] (см. Приложение В, табл. В.1).

Рассмотрим конкретно взятый пример. Предположим, что у нас в цеху есть: токарно-винторезный станок КС 63 ED, вертикально-фрезерный станок 6М13П.

Шаг 1. Вносим в пустую форму графика ППР наше оборудование (рис. 3.2).

Наименование оборудования	Инвентарный номер	Нормативы ресурса между ремонтами (числитель) и простоя (знаменатель)		Даты последних и капитальных ремонтов (месяц, год)		Условное обозначение ремонта												Годовой простой оборудования в ремонте	Годовой фонд рабочего времени
		К	Т	К	Т	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Токарно-винторезный станок КС 63 ED	14569																		
Вертикально-фрезерный станок 6М13П	58910																		

Рис. 3.2

Запись оборудования в форму графика ППР

Шаг 2. На этом этапе определяем нормативы ресурса между ремонтами и простоя. В таблице «Нормативы периодичности, продолжительности и трудоемкости ремонта металлорежущего, деревообрабатывающего и кузнечно-прессового оборудования» находим описание оборудования, которое соответствует заданному, выбираем значения периодичности ремонта и простоя при капитальном и текущем ремонтах (рис. 3.3), записываем их в график (рис. 3.4).

Оборудование, краткая характеристика	Периодичность ремонта (числитель) и продолжитель- ность простоя (знаменатель), ч		Трудоем- ность одного ремонта чел.-ч	
	Т	К	Т	К
Станки металлообрабатывающие				
Токарно-винторезные станки нормальной и повышенной точности (D_{max} обрабатываемого изделия $\times L$ между центрами, мм): до 270 \times до 500 до 320-(710—900) до 350-1000 400-(700—1500) 500-(1000—2000) 630-(1400—2800)	8640/10	69120/64	30	215
	8640/12	69120/78	36	240
	8640/13	69120/80	39	250
	8640/14	69120/96	42	305
	8640/16	77760/104	48	330
	8640/20	77760/144	60	440
Вертикально-фрезерные станки (рабочая поверхность стола — $L \times B$, мм): до 800- до 225 1000-250 1250-(250—320) 1600-400 1600-630 2500-750	8640/8	69120/58	24	185
	8640/14	69120/89	42	280
	8640/16	69120/136	48	355
	8640/20	69120/144	60	425
	8640/34	69120/232	102	725
	8640/35	77760/236	105	740

Рис. 3.3

Выбор значений периодичности ремонта и простоя при капитальном и текущем ремонтах

Наименование оборудования	Инвентарный номер	Нормативы ресурса между ремонтами (числитель) и простоя (знаменатель)		Даты последних и капитальных ремонтов (месяц, год)		Условное обозначение ремонта												Годовой простой оборудования в ремонте	Годовой фонд рабочего времени
		К	Т	К	Т	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Токарно-винторезный станок КС 63 ED	14569	77760/144	8640/20																
Вертикально-фрезерный станок 6М13П	58910	69120/144	8640/20																

Рис. 3.4

Запись значений периодичности ремонта и простоя при капитальном и текущем ремонтах оборудования в форму графика ППР

Шаг 3. Для заданного оборудования необходимо определиться с количеством и видом ремонтов в предстоящем году. Для этого нам необходимо опре-

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно

в интернет-магазине

«Электронный универс»

e-Univers.ru