

**18+**

Б. М. Корнеев

# **Основные магистральные самолёты авиакомпаний России**

Особенности конструкции  
и лётной эксплуатации

**В. М. Корнеев**

**Основные магистральные  
самолёты авиакомпаний  
России. Особенности  
конструкции и лётной  
эксплуатации**

*[http://www.litres.ru/pages/biblio\\_book/?art=23303745](http://www.litres.ru/pages/biblio_book/?art=23303745)  
ISBN 9785448388293*

**Аннотация**

Книга может быть полезной для авиаспециалистов, изучающих конструкцию планера и функциональных систем основных магистральных самолётов, эксплуатируемых в авиакомпаниях Российской Федерации.

# Содержание

Характеристики основных магистральных самолетов, эксплуатируемых в авиакомпаниях России	5
Планер самолёта	14
Фюзеляж	14
Крыло	16
Хвостовое оперение	19
Источники давления гидросистемы	21
Принцип работы гидросистемы	21
Особенности эксплуатации гидросистемы	27
Управление самолетом	29
Общие принципы управления самолетом	29
Конец ознакомительного фрагмента.	30

**Основные  
магистральные самолёты  
авиакомпаний России  
Особенности конструкции  
и лётной эксплуатации  
В. М. Корнеев**

© В. М. Корнеев, 2019

ISBN 978-5-4483-8829-3

Создано в интеллектуальной издательской системе Ridero

# **Характеристики основных магистральных самолетов, эксплуатируемых в авиакомпаниях России**

Основные массовые и геометрические данные самолета А320:

- Максимальная взлетная масса – 73500 кг;
- Максимальное количество топлива – 18740 кг;
- Длина самолета – 37,57 м;
- Размах крыла – 34,1 м;
- Угол стреловидности крыла (по  $\frac{1}{4}$  хорды) – 25°;
- Удлинение крыла – 9,42;
- Высота самолета – 11,76 м;

В конструкции самолета А320 широко применяются композитные материалы (около 20%). В основном используется Glass-fiber reinforced plastic (пластик со стеклянными армирующими волокнами), Carbon-fiber reinforced plastic (пластик с углеродными армирующими волокнами), honey combcore (сотовый наполнитель). Практически вся механизация крыла (предкрылки, закрылки, панели спойлеров, лючки, носовой обтекатель) и киль полностью изготовлены из композитных материалов. Передняя кромка горизонталь-

ного стабилизатора также композитная.

На законцовках крыла А320 установлены шарклеты – это новые увеличенные законцовки крыла, улучшающие аэродинамические характеристики. Основным преимуществом шарклетов является снижение расхода топлива до 4%, увеличение дальности полета и улучшенные взлетные характеристики. Шарклеты сделаны из композитных материалов, а по форме они напоминают акульки плавники.

Применение электродистанционной системы управления ЭДСУ на А320 имеет ряд преимуществ. Исключается механическая проводка управления, что делает проще техническое обслуживание, и улучшает массогабаритные показатели.

Примечание: Вообще то, на этом самолёте имеется только три троса для аварийного ручного управления: аварийный выпуск шасси, управление рулём направления и управление переставным стабилизатором. Всё остальное управляется только электродистанционно, хотя приводы, как правило, гидравлические.

При выполнении сложных маневров (уход на второй круг, уход от столкновения с воздушными и наземными препятствиями, сложные метеорологические условия) пилот А320 может полностью сконцентрироваться на выполнении маневра без риска выхода на опасные режимы полета.

Кабина экипажа, разработанная для А320, очень эргономична и до сих пор остаётся стандартом для лайнеров этой

компания с минимальными изменениями.

Применение дисплеев позволяет уменьшить количество информации, представляемой пилотам А320 в каждый определенный момент времени (на каждом этапе полета предъявляется только необходимая для данного этапа информация). Однако применение дисплеев не позволяет категорически утверждать, что количество информации уменьшается. Действительно, индикаторов стало значительно меньше, но информации на каждом из них значительно больше, чем на традиционных индикаторах, при этом необходимо учесть, что каждый экран имеет, как правило, большое число страниц, которые экипаж имеет возможность «листать», как книгу.

Слева перед пилотом А320 расположен основной пилотажный дисплей, а справа – навигационный дисплей. Картинки на них могут меняться местами при нажатии круглой кнопки на панели подсветки.

На навигационном дисплее А320 отображается маршрут полёта, картинка с погодного локатора и символы близлежащих самолётов от системы предупреждения столкновений TCAS.

На основном пилотажном дисплее А320, кроме символического изображения авиагоризонта, слева отображается полоска воздушной скорости, справа – вертикальной скорости, выставленное давление аэродрома и данные радиовысотометра.

На центральной приборной доске А320 расположены два системных дисплея, взаимозаменяемых с дисплеями командира корабля и второго пилота.

Вверху центральной части приборной доски А320 – дисплей параметров двигателей, предупреждающих и информационных сообщений. Как правило, цвет информации на дисплее показывает состояние системы, к которой относится информация:

- зелёный или белый – всё в порядке;
- жёлтый – ненормально;
- крестики – нет данных;
- красный – опасность.

Под этим дисплеем находится системный дисплей А320. Он отображает состояние систем самолёта.

На боковых пультах слева и справа от каждого пилота А320 установлены ручки управления самолетом «сайдстик» (Sidestick), с помощью которых пилоты могут управлять креном и углом атаки.

С цепью обеспечения свободного перемещения запястья, каждое пилотское кресло А320 оборудовано регулируемым подлокотником.

На самой ручке управления самолетом А320 есть красная кнопка для включения приоритета управления. В обычном режиме сигналы с обоих сайдстиков алгебраически суммируются. Если один из пилотов захочет управлять самолётом, он должен известить об этом другого пилота словами «I have

controls» («Я управляю») и может нажимать на эту кнопку (или наоборот, сначала нажать, если нет времени на предупреждение). После нажатия кнопки будет работать только его сайдстик, а речевая информация «человеческим голосом» объявит об этом и индикация сверху приборной доски покажет это обоим пилотам.

При управлении сайдстиками А320 следует учитывать, что:

- точность управляющих сигналов зависит от регулировки подлокотников;
- усилия на ручке управления не соответствуют аэродинамическим силам, действующим на руль высоты и элероны;
- ручки управления пилотов не связаны между собой;
- переключение с одного сайдстика на другой может сопровождаться изменением траектории полета;
- возможно случайное одновременное управление самолетом обоими пилотами.

Примечание: Часть вышеперечисленных недостатков вызвана тем, что сайдстик одного пилота А320 не синхронизирован с ручкой управления другого пилота. При движении джойстика одним и другим пилотом, электронный блок управления не расставляет приоритеты в управлении, а определяет математически среднее отклонение из передвижения ручек управления обоими пилотами.

Подлокотник кресла пилота А320 располагают так, чтобы удобнее лежала рука при управлении самолётом. В под-

локотнике есть окошечко, где видны стрелки, указывающие относительное положение подлокотника. Таким образом, не нужно подбирать каждый раз для себя удобное положение, а достаточно подобрать его один раз и записать эти значения. Потом на любом самолёте при их выставлении подлокотник окажется именно в том же положении, как и в первый раз. Между педалями есть площадки для ног, куда можно их ставить в полёте.

Основные массовые и геометрические данные самолета B737NG:

- максимальная взлетная масса – 79000 кг;
- максимально заправляемое количество топлива – 20896 кг;
- длина самолета – 42,1 м;
- высота самолета – 12,55 м;
- размах крыла – 34,3 м;
- угол стреловидности крыла (по  $\frac{1}{4}$  хорды) –  $25^\circ$ ;
- удлинение крыла – 9,16;

Серия самолетов B37NG заметно отличающиеся от первых самолётов семейства. Крупнейшими изменениями стали новые крылья, авионика, усовершенствованные двигатели. На NG был установлена так называемая «стеклянная кабина» – оснащённый дисплеями вместо привычных «будильников» – аналоговых приборов, и цифровыми системами. К дополнительным преобразованиям относятся также вертикальные законцовки крыльев Винглеты, в результате при-

менения которых экономится 4—5% топлива.

В то же время для управления самолетом по тангажу и крену на самолете В737NG используется классическая штурвальная колонка.

Основные массовые и геометрические данные самолета Суперджет 100:

- максимальная взлетная масса – 45880 кг;
- максимально количество топлива – 12327 кг;
- длина самолета – 29,9 м;
- размах крыла – 27,8 м;
- угол стреловидности крыла (по  $\frac{1}{4}$  хорды) – 25°;
- удлинение крыла – 9,82;
- высота самолета – 10,45 м.

Дизайн кабины экипажа самолета Суперджет 100 включил в себя наиболее перспективные решения современного авиастроения: «пассивную» боковую ручку, «активные» рычаги управления двигателями. В сочетании с концепциями «Темная и тихая кабина», обеспечивается возможность точного удобного и надежного пилотирования самолетов.

Основные массовые и геометрические данные Ту-204—300:

- максимальная взлетная масса – 105000 кг;
- максимальная масса топлива – 35530 кг;
- длина самолета – 40,188 м;
- размах крыла – 40,88 м;
- удлинение крыла – 10:

- угол стреловидности крыла (по  $\frac{1}{4}$  хорды) –  $28^\circ$ ;
- высота самолета – 13,879 м.

Основной цифровой контур электродистанционной системы управления самолетом Ту-204 резервируется трехканальным аналоговым контуром управления.

При последовательных отказах основного цифрового и резервного аналогового контуров управления происходит переход на управление через аварийный гидромеханический контур управления.

Основные массовые и геометрические данные самолета В747—400:

- максимальная взлетная масса – 412000 кг;
- максимально количество топлива – 183380 кг;
- длина самолета – 70,6 м;
- размах крыла – 64,4 м;
- угол стреловидности крыла (по  $\frac{1}{4}$  хорды) –  $37,5^\circ$ ;
- удлинение крыла – 7,4;
- высота самолета – 19,4 м.

Boeing 747 называют «королём небес». Это, наверное, самый знаменитый и легендарный самолёт в истории.

Благодаря своему знаковому «горбу», 747 стал одним из самых популярных и узнаваемых самолётов в мире, заслужив своё прозвище «слон».

Закрылки Фаулера из трёх частей увеличивают площадь крыла на 21% и подъёмную силу на 90%.

На самолете В747—400 установлен обычный штурвал.

Boeing продолжает ставить штурвалы на свои самолёты. В целом сайдстик универсальнее, штурвалом удобнее пилотировать самолет. Сайдстиком пилот дает команду компьютеру на выдерживание крена и тангажа. В то время, как штурвал управляет отклонением руля высоты и элеронов.

# Планер самолёта

## Фюзеляж

Фюзеляж магистрального самолета, как правило, представляет собой полумонокок. Носовая, передняя и средняя части фюзеляжа представляют собой единую герметическую кабину, в которой размещаются кабина экипажа, пассажирский салон, багажно-грузовые отсеки (под полом пассажирского салона) и оборудование, которое по характеру работы должно находиться в герметических отсеках.

Полумонокок является разновидностью стрингерного фюзеляжа при наличии толстой работающей обшивки, т. к. внешние силовые факторы воспринимаются продольными элементами совместно с обшивкой.

Хвостовая часть фюзеляжа – негерметичная. К ней крепятся стабилизатор и киль.

Конструктивно фюзеляж состоит из обшивки и каркаса, состоящего из набора продольных (стрингеры) и поперечных (шпангоуты) силовых элементов, скрепленных между собой заклепками.

В герметической части фюзеляжа имеются двери: входные по левому борту, служебные по правому борту и аварийных выхода.

Для загрузки багажных помещений багажом и грузами используются багажно-грузовые отсеки, люки которых расположены на правом борту и открываются наружу.

В носовой части фюзеляжа расположен отсек для передней опоры шасси. Закрывается отсек створками. К средней части фюзеляжа присоединен центроплан крыла.

Для предупреждения взлета самолета с открытыми дверями и люками, а также для оповещения экипажа о закрытом или открытом положении входных и служебных дверей и люков багажно-грузовых отсеков предназначена сигнализация положения дверей и люков.

На кадре «Двери» системного дисплея отражается мнемоническая картинка расположения дверей, на которой открытая дверь обозначена желтым цветом. После закрытия двери соответствующее обозначение на кадре изменяет цвет на зеленый.

Для экономии веса конструкции планера самолета «работающая» обшивка имеет переменную толщину в зависимости от испытываемых нагрузок. Изменение толщины обшивки производится путем химической или механической обработки. Стрингеры и шпангоуты фюзеляжа крепятся заклепками.

# Крыло

Крыло магистральных самолетов имеет моноблочную конструкцию и, как правило, состоит из трех частей: центроплана и двух консолей. Конструкция крыла включает в себя продольный и поперечный силовой набор. При этом в продольный силовой набор входят лонжероны, стрингеры и толстая «рабтающая» обшивка, а в поперечный силовой набор – нервюры.

Моноблочным называется крыло, у которого во всех сечениях изгибающий момент воспринимается верхней и нижней панелями, состоящими из толстой обшивки, подкрепленной набором мощных стрингеров. В полёте верхняя панель работает на сжатие, нижняя – на растяжение. Крутящий момент в моноблочном крыле воспринимается верхней и нижней панелями, а также стенками лонжеронов, в которых возникают касательные напряжения, направленные против часовой стрелки. Усилия от сдвига в вертикальной плоскости в моноблочном крыле воспринимаются стенками лонжеронов, в которых возникают касательные напряжения, направленные в полете вниз.

Крыло имеет кессонную конструкцию, внутренние объемы крыла являются баками для размещения топлива.

Конструктивно-силовая схема крыла определяется по названию силового элемента крыла, воспринимающего основ-

ную нагрузку на крыло, которой является изгибающий момент от подъемной силы крыла. На магистральном самолете изгиб крыла вверх воспринимается моноблочными панелями, состоящими из толстой «работающие» обшивки подкрепленной стрингерами. Поэтому крыло и является моноблочным. Тот факт, что крыло одновременно является и кессоном топливных баков, говорит, прежде всего, о его герметичности.

Кессон ограничен лонжеронами и герметичными нервюрами.

Крыло умеренной стреловидности имеет трапециевидную форму в плане.

На крыле установлены элементы основного управления самолетом и механизации крыла: элероны, предкрылки, закрылки и спойлеры.

Механизация крыла является неотъемлемой частью крыльев современных самолетов. К ней относятся устройства, позволяющие изменять аэродинамические характеристики крыла на отдельных этапах полёта.

Различают два вида механизации по выполняемым функциям:

- для улучшения взлетно-посадочных характеристик (закрылки и предкрылки);
- для управления в полете (спойлеры в режиме гасителей подъемной силы и в элеронном режиме).

Простой закрылок представляет собой отклоняющийся

вниз до  $45^\circ$  участок хвостовой части крыла. Для повышения эффективности закрылка он делается щелевым. При отклонении выдвижного закрылка между его носком и крылом образуется профилированная щель. На современных самолетах используются двух- или трехщелевые закрылки.

Предкрылки представляют собой часть носка крыла у передней кромки, которая отклоняется вниз на угол до  $25^\circ$  и выдвигается вперед, образуя с крылом профилированную щель. Так же, как и закрылки, предкрылки уменьшают взлетно-посадочные скорости самолета, а самое главное – увеличивают критический угол атаки.

К средствам механизации относятся спойлеры (интерцепторы), используемые как тормозные щитки, воздушные тормоза, гасители подъемной силы, элементы управления по крену и т. д. При отклонении спойлеров вверх нарушается обтекание крыла, что приводит к уменьшению коэффициента подъемной силы. С помощью спойлеров можно изменять вертикальную скорость снижения, уменьшать длину пробега при посадке за счет более эффективного торможения колес шасси и повышать эффективность управления по крену.

Для повышения аэродинамического качества крыла служат вертикальные законцовки крыльев Винглеты (Шарклеты), в результате применения которых уменьшается расход топлива.

# Хвостовое оперение

Современные магистральные самолеты имеют стреловидное хвостовое оперение самолета классической схемы, которое состоит из горизонтального и вертикального оперения.

К горизонтальному оперению относятся стабилизатор и руль высоты. Стабилизатор может изменять угол установки в полете с помощью приводов управления.

К вертикальному оперению относятся киль и руль направления.

Примечание: Недостатком классической схемы является неизбежное затенение стабилизатора впереди находящимся крылом на определенных углах атаки, что может привести к бафтингу и потере эффективности руля высоты [1]. С точки зрения безопасности полетов нельзя называть такую схему хвостового оперения «нормальной».

Стабилизатор может изменять угол установки в полете с помощью приводов управления.

Стабилизатор и киль состоят из лонжеронов, нервюр и обшивки. Перед ним установлен форкиль.

Примечание: Использование термина «вертикальный стабилизатор» для киля – просто нелогично. Русский язык достаточно «богат», чтобы не использовать подобного рода терминологию.



# Источники давления гидросистемы

## Принцип работы гидросистемы

Для приведения в действие подвижных элементов систем и агрегатов на самолете используют различные виды энергии. В зависимости от вида используемой энергии системы бывают гидравлические, газовые и электрические.

Применение гидравлических приводов на самолете вызвано их сравнительно малыми габаритами и массой, большим быстродействием и малой инерционностью частей исполнительных механизмов (в отличие от электродвигателей), простой фиксацией промежуточных положений исполнительных механизмов (в отличие от воздушных приводов). Масса и габариты гидравлического агрегата составляют примерно 10—20% массы и габаритов электрического агрегата подобного назначения и той же мощности.

Гидросистема самолета представляет собой сочетание двух частей: сети источников давления и сети потребителей.

Сеть источников давления предназначена для создания рабочего давления, аккумуляирования энергии, регулирования давления в системе, распределения по потребителям и размещения некоторого запаса жидкости.

Сеть потребителей состоит из отдельных частей, каждая

из которых предназначена для привода в действие какого-либо механизма.

Для обеспечения надежности и дублирования по гидропитанию потребителей гидросистема магистрального самолета имеет, как минимум, три независимых гидравлических подсистемы. Потребители гидросистем, влияющие на безопасность полетов, имеют дублированное гидропитание, т. е. работают от двух, трех, а на самолете В747—400 даже от четырех гидросистем. Менее ответственные потребители и потребители, которые работают только на земле, управляются от двух или одной гидросистемы.

К основным потребителями гидросистемы относятся:

- органы основного управления полетом;
- предкрылки;
- закрылки;
- спойлеры;
- система уборки и выпуска опор шасси;
- система торможения колёс шасси;
- управление поворотом колес носовой опоры шасси;
- реверс тяги двигателей.

Основными источниками гидравлической мощности в гидросистемах являются механические насосы переменной производительности, работающие от двигателей.

Примечание: Насос переменной производительности имеет режим максимальной производительности при работающих потребителях и режим минимальной производительности

сти при не работающих потребителях. Производительность насоса изменяется автоматически в зависимости от давления в гидросистеме. Минимальная производительность насоса необходима для охлаждения и смазки самого насоса.

Гидросистема с насосами переменной производительности используется в качестве основной на большинстве магистральных самолетов гражданской авиации. Повышение давления здесь создается аксиальными плунжерными насосами переменной производительности.

При выключении потребителей и достижении определенного давления, близкого к рабочему давлению гидросистемы, срабатывает автоматическое устройство, и производительность насоса уменьшается до минимальной, которая необходима для его смазки и охлаждения. Этот расход жидкости поддерживается дросселем минимального расхода, а охлаждение жидкости происходит в теплообменнике.

При включении потребителей и понижении давления жидкости насос перенастраивается на полную производительность.

Преимуществом гидросистемы с насосами переменной производительности является плавная разгрузка насосов, что уменьшает гидроудары.

Давление в гидросистеме, создаваемое при минимальной производительности насосов (при неработающих потребителях) составляет  $210 \text{ кг/см}^2$ . Кроме этого к основным параметрам гидросистемы относится количество гидрожидкости

в баках гидросистем и температура жидкости.

В каждой гидросистеме кроме основных насосов предусмотрены резервные источники питания. В качестве таких используются гидротрансформаторы, установленные между гидросистемами, а также турбонасосные установки и электрические насосные станции. Иногда используются ручные гидронасосы.

Резервным источником давления в гидросистемах является электронасосная станция, предназначенная для создания давления в гидросистеме при отказе двигателя или при работе на земле. Насосные станции включаются на щитке «ГИДРОСИСТЕМА» верхнего пульта.

В качестве аварийного источника гидравлической мощности применяется турбонасосная установка с приводом от набегающего потока воздуха.

Устройство передачи мощности (PTU) используется в качестве резервного источника давления при потере давления в одной из гидросистем.

Примечание: Устройство передачи мощности – это своего рода гидротрансформатор представляющий собой агрегат, состоящий из двух нерегулируемых моторов-насосов, соединенных общим валом. Каждый из моторов-насосов гидротрансформатора подключен к своей системе, и их жидкостные полости между собой не сообщаются. При работе гидротрансформатора один из моторов-насосов (в исправной гидросистеме) работает в режиме гидромотора и вращает вто-

рой мотор-насос, который работает как насос и создает давление жидкости в отказавшей гидросистеме. Поэтому можно использовать устройство передачи мощности для двухсторонней работы.

Подпорные (приоритетные) клапаны, установленные в каждой гидросистеме, перекрывают подачу жидкости на менее важные потребители при падении давления в гидросистеме, чтобы обеспечить гарантированную работу наиболее важных потребителей (таких, например, как основное управление самолетом).

Предохранительный клапан, установленный в каждой из гидросистем, соединяет линию высокого давления со сливной линией в случае избыточного давления.

Для обеспечения бескавитационной работы гидронасосов, насосных станций и турбонасосной установки независимо от высоты полета имеется система наддува гидравлических баков.

Для обеспечения работы потребителей в условиях резкого изменения расхода жидкости в гидросистеме установлен гидроаккумулятор. К гидросистеме подключаются аналогичные гидроаккумуляторы тормозной системы, обеспечивающих торможение самолета при отказе основной и резервной тормозных систем, а при стоянке – работу стояночного тормоза.



# Особенности эксплуатации гидросистемы

Контроль состояния гидросистемы осуществляется по кадру гидросистемы на системном дисплее, на котором отражаются:

- уровень жидкости для каждой гидросистемы;
- температура гидрожидкости в каждой гидросистеме;
- давление в каждой гидросистеме;
- конфигурация системы (работающие гидронасосы);
- положение перекрывных противопожарных клапанов;
- работа устройства передачи мощности (PTU).

Источником информации о нештатной работе гидросистемы являются текстовые сообщения, выводимые на дисплей, и сопровождающие их звуковые и световые сигналы.

Подача гидрожидкости от основных насосов с приводом от двигателей осуществляется выключателями на щитке «ГИДРОСИСТЕМА» верхнего пульта. Установка переключателей в положение «ВЫКЛ» Уменьшает производительность насосов до минимальной, необходимой для смазки и охлаждения самого насоса, и перекрывает подачу жидкости к потребителям гидросистем. Однако, сами насосы при этом продолжают вращаться до тех пор пока двигатель работает. При установке переключателей в положение «ВКЛ».

Среднее – системное рабочее давление равно  $210 \text{ кг/см}^2$

(3000 фунтов на квадратный дюйм).

Сигнализация падения давления в гидросистемах. При падении давления в первой, второй и третьей гидросистемах ниже  $100 \text{ кг/см}^2$  на щитке «ГИДРОСИСТЕМА» верхнего пульта загораются светосигнальные табло желтого цвета «Р МАЛО ГС1, ГС2, ГС3». Одновременно в кадре «ГС» системного дисплея загорается надпись желтого цвета «ГС1 ДАВЛ МАЛО», «ГС2 ДАВЛ МАЛО», «ГС3 ДАВЛ МАЛО» и горит ЦСО.

При нормальном уровне жидкости в гидробаке в кадре «ГС» появляется изображение уровня жидкости в баке зеленого цвета и цифровые данные уровня жидкости. Треугольный индекс указывает на уровень заправки с учетом температурной поправки: заправка в допуске – треугольный индекс находится в пределах вертикальной черты, заправка больше или меньше – соответственно выше или ниже черты. В полете треугольный индекс не высвечивается. При потере жидкости до минимально-допустимого уровня сигнал минимального остатка жидкости поступает на закрытие перекрывных кранов. При этом в кадре «ГС» высвечивается изображение уровня жидкости в баке желтого цвета и цифровое значение объема желтого цвета.

# Управление самолетом

## Общие принципы управления самолетом

Основное управление самолетом обеспечивает управление самолетом по углу атаки, рыскания и крена.

Управление по тангажу обеспечивают:

- руль высоты;
- переставной стабилизатор.

Переставной стабилизатор необходимо отнести к основному управлению самолетом, а не вспомогательному управлению, так как он обеспечивает управление по углу атаки самолета, практически дублируя функции руля высоты.

Управление по крену обеспечивают:

- элероны;
- спойлеры, работающие в элеронном режиме.

Управление по рысканию обеспечивает руль направления.

# Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «Литрес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на Литрес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.