Учитель Начальной



3D от модели до печати

Учитель Начальной

3D от модели до печати

https://litres.ru/74718669
SelfPub; 2026

Аннотация

Это не сухой учебник, а живой путь от растерянного новичка до уверенного создателя: вместе с героиней вы пройдёте все этапы 3Dпечати — от первой цифровой модели до публикации готового изделия на платформе для сообщества. Книга сочетает научнопопулярное объяснение технологий (FDM, SLA, SLS), практические приёмы проектирования под печать и инженерную логику: DFM, симуляции напряжений, реверсинжиниринг. Через личные истории, ошибки и итерации раскрываются не только инструменты (CAD, слайсеры), но и образ мышления дизайнера и инженера: как превратить бытовую проблему в рабочий прототип, а хобби — в минипроизводство. Вы узнаете, как готовить модели к публикации, выбирать материалы, учитывать допуски и взаимодействовать с сообществом. Книга подойдёт тем, кто хочет не просто нажимать «Печать», а осознанно создавать функциональные вещи.

Учитель Начальной 3D от модели до печати

Глава 1. Цифровая глина

У меня на столе лежит кубик. Обычный серый кубик со стороной двадцать миллиметров, напечатанный из PLA — не просыпайтесь, это название пластика, я всё объясню. Пока просто знайте: этот кубик появился на свет из ничего. Не из заготовки, не из блока, из которого что-то стачивали и отрезали, — из ничего. Вечером его не существовало, а ночью я спал, а он — появлялся, слой за слоем, как росток фасоли в таймлапсе. Когда я проснулся, он лежал на столе и тихонько тёпленький ещё дышал пластиком.

Если эта фраза не вызвала у вас ни малейшего трепа — хорошо, значит, я застал вас до первого собственного кубика, и впереди у нас всё самое интересное.

Начало пути

Начну издалека — с 1984 года, когда Чак Халл, инженер из Калифорнии, запатентовал стереолитографию. Слово звучит как что-то из противометеоритной обороны, но суть была проста до гениальности: брать жидкую смолу, которая затвердевает под ультрафиолетом, и зажигать в ней лучом света сечения будущей детали — срез за срезом, слой за слоем. Из лужи, как из молока, вынимался предмет.

Идея, заметьте, была не новая — люди веками пытались

скульптурировать вместо того, чтобы вытачивать. Но Халл сделал две вещи. Первое — придумал, как это сделать машинно и воспроизводимо. Второе — написал формат файла STL, чтобы модели можно было передавать от человека к машине. Формат этот, между прочим, жив до сих пор, и мы ещё с ним поругаемся в этой главе — но не будем забегать вперёд.

Дальше восемьдесят девятый год, Скотт Крамер и компания Stratasys запатентовали способ послойного наплавления пластика — ту самую технологию, на которой сегодня работают девять из десяти принтеров, стоящих у кого-то из ваших знакомых в кладовке. Дальше — нулевые: патенты истекают, реппрап — движение RepRap, «самореплицирующийся принтер», — выходит в мир с манифестом, будто бы принтеры должны печатать сами себя. Дальше — два тыщ четырнадцатый: цены на(entry-level) машины падают ниже психологической отметки, и происходит то, что историки называют «долой из цехов»: 3D-печать выходит из заводских лабораторий и оказывается... в квартирах. Между утюгом и пылесосом, на полке, куда не добирается пыль.

Я всё это пересказываю не из любви к датам. Я пересказываю, потому что для меня самого важно: если вы читаете эту книгу, значит, вы живёте в первом-втором поколении людей, у которых фабрика стоит в квартире. Через тридцать лет это будут вспоминать с таким же удивлением, с каким мы сейчас вспоминаем, что мобильный телефон лет двадцать назад

умел только звонить.

Как «цифровое» становится «физическим»

Теперь — о механизме. Как вообще из файла, из набора нулей и единиц на диске, получается вещь?

Цепочка выглядит так: идея → модель → слайсинг → печать → деталь.

Идея. Человек захотел ключницу. Или ручку от мясорубки. Или просто красивую штуку.

Модель. Идея переводится на язык геометрии — в трёхмерную модель. Об этом — вся первая половина книги.

Слайсинг. Специальная программа — слайсер — нарезает модель горизонтальными слоями и переводит их в язык, который понимает принтер: последовательность координат, скоростей, температур. Об этом — глава третья.

Печать. Принтер, послушно читая эти команды, делает вещь.

Деталь. То, что вы держите в руках.

Звучит сухо? Согласна. Поэтому давайте я покажу вам это на живом примере. Кстати, у меня как раз зазвонил телефон.

Первый объект

— Ты у меня завтра съезжаешь? — голос моей подруги Лены в трубке был подозрительно деловым. — Я тебе одно место, если чего, покажу, где ключи держать. У меня в коридоре весь стол в ключах, а я это по-быстрому так и не решаю.

— Зачем ты мне это рассказываешь?

— Затем, что ты вчера говорила, у тебя принтер есть. Хо-

чу ключницу. Ну как ключницу — крючок на стену, простую, скучную. Такая у меня просьба.

— Лена, — сказала я, — ты не поверишь, насколько эта «простая, скучная» штука тебе обойдётся дороже, чем купленная в «Леруа». Но я её сделаю.

— С ума сошла?

— Нет. Просто у меня вторая неделя, как принтер стоит, и я ещё ни одной вещи напечатала, которая работает. Мне нужна тренировка, а тебе нужна ключница. Идеальное совпадение.

Морально я была готова. Технически — нет, но об этом я узнаю через сорок минут, и мы к этому вернёмся.

Итак. Я села за компьютер, открыла программу для моделирования — у меня это FreeCAD, но вам в этой книге я буду показывать приёмы так, чтобы их можно было повторить практически в любой программе: в Tinkercad, в Fusion 360, в Onshape. Не пугайтесь названий — до инструмента ещё доберёмся.

Первое, что видит любой новичок, открыв CAD-редактор (это я сейчас скромно сократила «Computer-Aided Design», система автоматизированного проектирования, — никто так больше не говорит, все говорят «CAD» или «кэд»): пустое пространство. Три оси — X, Y, Z. Плоскость основания — это ваш будущий стол принтера. Вся геометрия, которую вы создадите, сначала живёт в этой плоскости, а потом, как мокрый гриб, разрастается вверх.

Мне нужна была ключница-крючок. Простая, как ломоть хлеба: досочка, а к ней снизу — выступ-крючок, на который вешается связка ключей.

Первый шаг: я рисую на плоскости эскиз прямоугольника. Один клик, второй, цифры на экране — 80 на 30 миллиметров. И вот тут случилась первая магия этого мира, о которой никто из новичков не предупреждает заранее: **цифры — это не подписи. Цифры — это и есть объект.**

То есть, когда вы в обычной жизни рисуете прямоугольник на бумаге, его размер — это свойство рисунка. А в CAD прямоугольник *есть* размер. Измените цифру — изменится сам объект. Это параметрическое моделирование, и это одна из самых коварных приятных вещей этого ремесла.

Второй шаг: выдавливание. Прямоугольник-эскиз — это просто обруч на полу. Команда «выдавить» (Extrude) — и я, как будто продавливаю тесто через форму, вытягиваю его вверх на десять миллиметров. На экране серый параллелепипед. Плоскость стала объёмом.

Третий шаг: снизу — крючок. Рисую в том же стиле ещё один прямоугольник, уже сбоку от первого, длинный и узкий: 15 на 8 миллиметров. Выдавливаю его на такую же высоту. Два серых параллелепипеда висят в пространстве, едва касаясь краями, — два куба, которые пока друг друга не признают.

И четвёртый, самый важный шаг этой главы: **объединение.** Булева операция — так это называется, в честь Джор-

джа Буля, того самого, что придумал булеву алгебру. Команда объединяет два тела в одно. Радиус скругления там, где они соприкасаются, — пять миллиметров, чтобы не было острого угла, о котором потом можно порезаться. На экране: единая деталь. Пластинка с крючком. Ключница.

Я вращаю её мышкой — и, знаете, что тут самое важное? Не форма. А чувство. В обычном, нецифровом мире, чтобы понять, как выглядит вещь со спины, надо её перевернуть руками. В этом мире — перевернуть её может сам компьютер. Модель — не картинка. Модель — это объект, у которого просто пока нет материи. Это **цифровая глина**: форма, которая существует до вещи.

Я нажала «экспорт». На диске появился файл keyholder.stl.

И вот здесь, дорогой читатель, начинается та часть главы, ради которой мы всё это затевали.

Между моделью и принтером

Файл STL — а вы слышали его название в самом начале главы — появился на свет в 1980-х, как я и обещала, и принцип у него предельно честный: он описывает поверхность модели в виде треугольников. Много, очень много треугольников. Тот ключник, что я только что смоделировала, состоит из пары сотен треугольников; скульптура дракона с Printables — из пары миллионов. Это как бумажный макет: чем мельче бумага, тем более гладкая поверхность. И у этого подхода есть одно жестокое свойство, которое нас с Леной

сейчас подставит, — но не будем забегать.

Стоп. Я ведь обещала, что про STL ещё поговорим, — а пока переведу дух и скажу следующее.

Я открыла файл в слайсере. Слайсер (slicer, «нарезатель») — это программа-переводчик. Её работа: взять мою красивую, цельную, гладкую модель и разрезать её на сотни горизонтальных ломтиков толщиной, например, 0,2 миллиметра. А потом — для каждого ломтика — описать путь, по которому должен пройти шприц (не волнуйтесь, не шприц, а сопло нагретого до 210 °C экструдера), чтобы этот ломтик напечатать.

Я не буду пока грузить вас настройками — высота слоя, заполнение, поддержки, ретракт, юбка. Обо всём этом — отдельная глава, отдельно на каждый пункт. Сейчас мне важно другое: слайсер — это тот самый переводчик, на котором рушится или сбывается всё приключение.

Я загрузила STL, слайсер подумал, нарезал слои, нарисовал мне красивый розовый силуэт будущей вещи на виртуальном столе — и внизу выдал строку:

Внимание: модель не является водонепроницаемой. Обнаружены дыры в геометрии. Рекомендуется исправить модель.

Что не так с моей ключницей

И вот здесь я, честно признаюсь, растерялась. Потому что я только что видела на экране идеальную, цельную, гладкую вещь. Ключницу. Без единой дырки. Какой, к чёрту, «не во-

донепроницаемой»?

А потом я вспомнила — я, а не вы, — что в этом мире есть одно проклятие, одно древнее проклятие, о котором знали ещё пионеры технологии в восьмидесятые. STL описывает модель поверхностью. То есть не телом, а именно поверхностью — коркой. Как скорлупой. И слайсер, чтобы напечатать деталь, должен быть уверен: скорлупа **замкнута**. Что она, как воздушный шарик, не имеет ни одной дырочки — иначе слайсер не может понять, где «внутри» модели, а где «снаружи». А не зная этого, он не знает, где печатать заполнение, а где не печатать. И внятно объяснить это человеку, который пока ещё не нашёл в модели ни одной дырки, — не может, потому что сам не уверен, где ошибка.

«Водонепроницаемость» (watertightness) — это термин не о воде. Это термин о логике. Слайсер спрашивает: если налить внутрь этой модели воду — выльется она наружу или нет?

Я открыла ту же модель в редакторе, нажала «анализ геометрии» — и нашла. Там, где я объединяла два параллелепипеда, на стыке осталась микроскопическая щель: в один скруглённый угол не попала ни одна грань. Дырочка размером в сотые доли миллиметра. Слайсер разрывал меня на две половины — а я всё ещё считала это одним объектом.

И вот тут важно не запутаться, потому что дальше по книге пойдёт то, что с первого раза кажется противоречием.

Слайсер ругается на незакрытую модель — **но полость**

внутри модели при этом не является ошибкой. В этом мире есть вещи, которые *должны* быть полыми: корпуса, в которых живёт электроника; вазы, в которые наливают воду; детали, которые экономят пластик и время печати, оставаясь полыми изнутри. Полая ваза — это не бракованная сплошная ваза. Это отдельный замысел.

Разница между этими двумя ситуациями — одна из тех, что отделяет человека, который печатает случайно, от человека, который печатает осмысленно. Модель **может** быть полой — и это правильно, если так задумано. Модель **не может** иметь дырки в скорлупе — и это всегда неправильно, потому что слайсер не понимает, где верх, где низ, где середина.

Я не зря рассказываю вам эту историю в первой главе. Это первый айсберг этого ремесла: над водой — ключница. Под водой — вопрос о том, как компьютер отличает «вещь» от «обёртки вещи».

Три языка печати

Прежде чем закончить главу, я обещала рассказать, **чем**, собственно, печатают. Технологий много, но вам на старте нужны три.

FDM (Fused Deposition Modeling, «наплавляемое моделирование») — та самая, про которую я говорила выше. Горячий пластик выдавливается из сопла, как зубная паста, послойно. Дешёвая, надёжная, живёт в квартирах девяти из десяти энтузиастов. Слабое место — видимая слоистость (мы

ещё встретимся) и ограничения на геометрию.

SLA (стереолитография, она же DLP, она же LCD) — та самая технология Халла. Жидкая смола, затвердевающая под лучом света. Печать точнее — детали выходят гладкие, почти ювелирные. Минус: смола токсична до затвердевания, вокруг неё надо надевать перчатки и дышать осторожно. Для мелких, точных, художественных вещей.

SLS (Selective Laser Sintering, «выборочное лазерное спекание») — лазер, который спекает порошок. Ни сопла, ни смолы: лазер ходит по слою порошка и спекает там, где надо. Порошок сам себе поддержка — можно печатать почти любую геометрию. Но стоит это, увы, как небольшой автомобиль. Пока.

Три технологии — три разных способа обмануть материю. В этой книге мы будем жить в мире FDM, потому что это то, что есть на вашем столе, — но я буду возвращаться к ним, когда это станет важным.

А пока...

Пока же я исправила щелочку в STL, снова экспортировала файл, снова загрузила его в слайсер — и на этот раз вместо предупреждения увидела зелёную галочку. «Всё в порядке». Розовый силуэт ключницы на виртуальном столе; сто пятьдесят восемь слоёв; расчётное время — два часа сорок минут.

Я нажала «слайсить». За окном темнело. За дверью ругалась кот. Слайсер молчал и работал.

И вот что я хочу сказать напоследок, до того, как мы перейдём ко второй главе. Я в этот вечер сделала одну и ту же ошибку дважды: сначала — в геометрии, потом — в самоуверенности. Но между этими двумя ошибками случилось то, ради чего стоит писать всю эту книгу: я впервые перевела идею в файл, а файл — в разрезы. И **это** и есть 3D-моделирование. Не «красиво нарисовать». А «продумать вещь так подробно, чтобы её можно было передать машине».

Через два часа сорок минут на столе у меня лежала первая ключница. Кривоватая, угловатая, с одной стороной чуть просевшей. Лена, увидев её, сказала:

— Ну... треугольная какая-то. Ну... — она повертела её в руках. — Но всё-таки она *работает*.

И вот это «но работает» — самое сладкое слово в этом ремесле. С этим словом мы и пойдём дальше: во второй главе нас ждёт уже не «пара кубов», а настоящий корпус с портом, симметрия, вырезы и — спойлер — первый урок о том, почему на печати порт вышел на полмиллиметра уже, чем на экране.

Потому что мир моделей и мир материи — это два разных мира. И между ними стоит переводчик. О нём — дальше.

Глава 2

Глава 2. Геометрия мысли

Я держала в руках ту самую ключницу — угловатую, чуть перекошенную, но работающую. Лена забрала её и повесила в коридоре, и теперь каждый раз, когда она возвращалась с

работы и вешала ключи, она улыбалась. Не из-за красоты, а из-за того, что вещь была сделана специально для неё. Это чувство — «я сделал, и это работает» — оказалось сильнее всех шероховатостей и неровностей.

Но я-то знала: следующая вещь должна быть не просто рабочей. Она должна быть *точной*.

На следующий день я села за компьютер с новой задачей: корпус для зарядного устройства. Не просто коробочка, а именно корпус — с вырезом под USB-порт, с пазами, чтобы крышка держалась без клея, и с рёбрами жёсткости, потому что пластик — он не металл, он прощает меньше.

Я открыла FreeCAD. Экран привычно встретил меня пустым пространством и тремя осями — X, Y, Z. В прошлой главе я научилась превращать плоскость в объём. Теперь мне предстояло научиться вырезать из объёма пустоту — и делать это так, чтобы всё сошлось до миллиметра.

Эскиз как обещание

— Ты опять за этим сидишь? — голос брата Саши раздался из-за спины. Он заглянул через плечо, прищурился на экран. — Выглядит как пустой лист.

— Это не пустой лист, — сказала я, стараясь звучать уверенно. — Это плоскость, на которой я сейчас нарисую прямоугольник. И этот прямоугольник станет стенкой корпуса.

Саша хмыкнул, но не ушёл. Ему было любопытно. А мне было важно проговорить вслух то, что я делаю, — так лучше укладывалось в голове.

Я начала с эскиза. Прямоугольник 80 на 50 миллиметров на плоскости XY. Цифры появились в поле размеров, и прямоугольник тут же подстроился под них. Параметричность — вот что меня завораживало: я не рисовала форму, я задавала правила. Если завтра я захочу сделать корпус чуть длиннее, я просто поменяю одну цифру, и вся модель пересчитается.

Затем — выдавливание. Команда Extrude, значение 30 миллиметров. На экране вырос параллелепипед. Серый, скучный, но уже настоящий корпус. Почти.

— А где дырка под зарядку? — спросил Саша.

— Сейчас будет, — ответила я.

И вот тут началось самое интересное.

Вычитание как искусство

Чтобы сделать вырез под USB-порт, мне нужно было не добавить, а *убрать* материал. В CAD-системах это называется булевой операцией вычитания. Тело минус тело.

Я создала второй эскиз — на передней стенке корпуса. Прямоугольник поменьше: 18 на 12 миллиметров. Это стандартные габариты USB-A порта. Выдавила его наружу — получился отдельный брусок. И теперь — магия: команда Boolean Difference. Я указала, что хочу вычесть этот брусок из основного корпуса.

На экране корпус «провалился» внутрь. Появилось аккуратное прямоугольное отверстие.

Саша присвистнул:

— Вот это да. Как будто лазером вырезали.

— Почти, — улыбнулась я. — Только лазером это делает математика.

Мы оба смотрели на экран, как на фокус. Но я-то уже знала: фокус — это только начало. Дальше начинаются тонкости.

Симметрия и зеркало

Теперь нужно было сделать крышку. Точно такую же, только тоньше, и с пазами — чтобы она защёлкивалась в корпус, а не приклеивалась.

Рисовать её с нуля было бы скучно. Вместо этого я использовала инструмент «Зеркало». Выбрала корпус, указала плоскость симметрии — и программа мгновенно создала зеркальную копию. Я уменьшила толщину с 3 до 2 миллиметров, добавила пазы по краям — и крышка была готова.

Саша смотрел, как я щёлкаю мышкой, и вдруг сказал:

— Знаешь, это как конструктор, только конструктор сам себя копирует.

Именно так. Симметрия — это автоматизированная магия. Один клик — и половина работы сделана.

Фаски и скругления: когда острые углы мешают

Корпус выглядел аккуратно, но углы были слишком острыми. Во-первых, об них можно было поцарапаться. Во-вторых, острые внутренние углы — это слабые места при печати: там скапливаются напряжения, и деталь может треснуть.

Я добавила скругления (Fillet) по внешним рёбрам — ра-

диусом 2 миллиметра. А на внутренних углах выреза под порт — фаски (Chamfer) под углом 45 градусов. Это не только делало деталь безопаснее, но и помогало пластику ложиться ровно.

Саша, который уже устроился на стуле рядом, спросил:

— А зачем ты всё это делаешь? Выглядит и так нормально.

— Потому что «нормально» на экране — это не «нормально» в реальности, — ответила я. — Пластик течёт, остывает, сжимается. Если не предусмотреть эти мелочи, деталь развалится на втором слое.

Он кивнул, будто понял. А я поняла, что сама начинаю чувствовать эту разницу — между картинкой и вещью.

Параметрическое против полигонального

Пока я дорабатывала модель, в голове крутилась мысль: а ведь есть и другой подход. Не параметрический, как в FreeCAD, Fusion 360 или Onshape, а полигональный — как в Blender. Там модель — это не правила и размеры, а сетка из треугольников. Ты не задаёшь радиус скругления — ты тянешь вершины и сглаживаешь грани.

Это как лепить из глины против сборки из деталей конструктора. Оба подхода имеют право на жизнь. Полигональное моделирование отлично подходит для скульптур, персонажей, органических форм. Параметрическое — для инженерных деталей, где важна точность, повторяемость и возможность быстро менять размеры.

Для корпуса зарядного устройства мне нужен был именно конструктор. Точность важнее плавности.

Экспорт и ожидание

Я сохранила модель, экспортировала её в STL, открыла в слайсере. Розовый силуэт корпуса лёг на виртуальный стол. Слайсер показал слои, путь сопла, время печати — два часа десять минут.

Всё выглядело идеально.

Я нажала «Печать».

Принтер загудел, сопло нагрелось, стол прогрелся. Первый слой лёг ровно, слой за слоем корпус рос вверх. Я смотрела, как пластик ложится дорожками, и чувствовала странное удовлетворение: математика, которую я написала мышкой, теперь становилась материей.

Через два часа десять минут я сняла деталь со стола. Остудила, аккуратно отделила поддержки. Повертела в руках.

И замерла.

Порт был на полмиллиметра уже, чем в модели. Не сильно, но достаточно, чтобы стандартный USB-кабель входил с усилием.

Саша посмотрел на меня:

— Что не так?

— Всё не так, — тихо сказала я. — Или почти всё.

Я поднесла деталь к линейке, потом к модели на экране. Размеры совпадали. Цифры были те же самые. Но реальность — нет.

Крючок

Я стояла с корпусом в руках и пыталась понять: кто виноват? Я? Программа? Принтер?

А потом вспомнила слова из прошлой главы: мир моделей и мир материи — это два разных мира. Между ними стоит переводчик — слайсер. Но даже он не всесилен.

Полмиллиметра — это ничто на экране. Но в реальности это зазор, который решает, войдёт ли кабель или нет. Это допуск. Это погрешность. Это то, о чём никто не предупреждает новичков.

Кто вообще гарантирует, что напечатанное совпадёт с задуманным?

Этот вопрос не давал мне покоя. Я положила корпус на стол, открыла слайсер и начала листать настройки: высота слоя, усадка пластика, калибровка стола, термические расширения. Список был длинным. И я поняла: чтобы сделать следующую деталь правильно, мне нужно разобраться не с моделированием, а с тем, как модель превращается в вещь.

Завтра я начну с самого начала — но уже не с эскиза, а со слайсера. С его настройками, его хитростями, его «переводами» с языка геометрии на язык пластика.

Потому что теперь я знала: хорошая модель — это только половина дела. Вторая половина — понять, как её прочитает принтер.

А пока я аккуратно положила корпус рядом с ключницей. Две вещи, сделанные мной. Одна — простая и работающая.

Вторая — почти точная, но с изъяном. И именно этот изъян станет моим учителем.

Глава 3. Слайсер: переводчик между миром идей и миром пластика

Тот корпус с зауженным портом я не выбросила. Поставила его на полку рядом с ключницей — как памятник собственной самоуверенности. А сама в тот вечер открыла слайсер и стала листать настройки.

Должна признаться: я листала их как чужой телефон — с любопытством и лёгкой тревогой, что сейчас что-то сломаю. Высота слоя. Скорость печати. Температура сопла. Температура стола. Ретракт. Заполнение. Поддержки. Юбка. Кайма. Кемпинг. Шорты.

Кемпинг и шорты — это шутка. Но если вы когда-нибудь смотрели в этот список, вы понимаете, о чём я. Каждое слово — как пароль от чего-то важного, и никто при тебе не произносил его вслух.

Так вот, ночь на полках настроек — и один глупый, но очень поучительный эксперимент — сделали со мной то, чего не сделала бы ни одна статья: они показали, что между моим файлом и принтером стоит не просто программа. Стоит толмач. Переводчик с языка геометрии на язык пластика. И переводит он не дословно, а по смыслу, внося в каждую фразу свои поправки.

Давайте я покажу, как это устроено, — на деле, а не на бумаге. На втором принте, котором суждено было стать для

меня учебником.

Что происходит внутри слайсера

Представьте себе ломтик ветчины. А теперь представьте, что вместо ветчины — моя модель, а вместо ножа — программа, которая режет её горизонтальными срезами каждые 0,2 миллиметра.

Вот что делает слайсер. Модель высотой 30 миллиметров превращается в стопку из ста пятидесяти срезов. Для каждого среза слайсер вычисляет контур — куда должно пройти сопло. А потом — и вот это самое интересное — он решает за меня сотни вопросов, о которых я даже не задумывалась:

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.