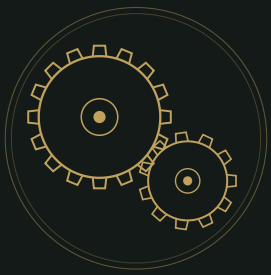
O.V.K — X.T.R

АВТОМАТЫ

СОСТОЯНИЕ, ПРАВИЛО, НАДЗОР



ИСТОРИЯ, УСТРОЙСТВО И НАДЗОР

✳

O.V.K — X.T.R

АВТОМАТЫ

САМОДЕЙСТВУЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО

Изложение истории, устройства и границ —
от храмовых машин и шахматного Турка
к машине Тьюринга и к нынешним обучаемым машинам

✳

НАСТОЛЬНОЕ ИЗДАНИЕ

«Машина делает не то, чего ты хотел, а то, что ты в неё вложил. В этом её честность и в этом же вся опасность».

— из записок часовщика

✳

Книга писана для того, кто строит или надзирает,
а не для того, кто ждёт от машины чудес.
Устройство изложено как устройство,
границы — как границы,
и ничто не выдаётся за разум.

ОГЛАВЛЕНИЕ

* *

ЧАСТЬ ПЕРВАЯ. ОТКУДА ОНИ

I. Что такое автомат 2
II. Слово и его происхождение 3
III. Три основания 4
IV. Герон и храмовые машины 5
V. Часы: механическое время 6
VI. Вокансон и куклы-подражатели 7
VII. Шахматный Турок 8
VIII. Станок Жаккара: карта как правило 9

ЧАСТЬ ВТОРАЯ. МЫСЛЬ О МАШИНЕ

IX. Счётные машины 11
X. Бэббидж и Лавлейс 12
XI. Автомат конечных состояний 13
XII. Машина Тьюринга 14
XIII. Чего машина не может 15
XIV. Фон Нейман: устройство и самовоспроизведение 16
XV. Клеточные автоматы 17
XVI. Черепахи Уолтера 18

ЧАСТЬ ТРЕТЬЯ. УСТРОЙСТВО

XVII. Датчик, решение, привод 20
XVIII. Обратная связь 21
XIX. Память и состояние 22
XX. Правило перехода 23
XXI. Случайность в автомате 24
XXII. Отказ и надёжность 25
XXIII. Автомат из автоматов 26
XXIV. Как понимать поведение машины 27

ЧАСТЬ ЧЕТВЁРТАЯ. АВТОМАТЫ НАШИХ ДНЕЙ

XXV. Станок и промышленный робот 29
XXVI. Автомат в конторе 30
XXVII. Обучаемые машины 31
XXVIII. Речь и подражание человеку 32
XXIX. Самоходные повозки 33
XXX. Автомат в доме 34
XXXI. Кто отвечает за действие машины 35
XXXII. Труд и вытеснение 36

ЧАСТЬ ПЯТАЯ. ГРАНИЦА

XXXIII. Одушевление машины 38
XXXIV. Турок наших дней 39
XXXV. Что значит «машина умеет» 40
XXXVI. Чего автомат не может 41
XXXVII. Слепое исполнение цели 42
XXXVIII. Правила строящего 43
XXXIX. Правила пользующегося 44
XL. Заключение: состояние и надзор 45

ЧАСТЬ ПЕРВАЯ

✳

ОТКУДА ОНИ

От храмовых машин и часов к куклам-подражателям,
к знаменитому обману с шахматами
и к станку, впервые управляемому картами

ГЛАВА ПЕРВАЯ

Что такое автомат

*

Автоматом зовётся устройство, которое, будучи однажды заведено или запущено, действует далее *само* — по вложенному в него правилу, без вмешательства человека в каждый шаг.

В определении этом три части, и они же суть три основания книги. Есть *состояние* — то, чем машина отличается от себя же вчерашней. Есть *правило*, по которому состояние меняется и совершается действие. Есть *повторение*: правило прилагается снова и снова.

Заметим, чего в определении нет. Нет ни разума, ни цели, ни понимания. Поплавок в бачке есть автомат; часы с боем есть автомат; станок, ткущий по картам, есть автомат. Разум в этот перечень не входит и для него не требуется.

Оттого книга ведёт две линии разом. Одна — *вещественная*: куклы, часы, станки, роботы. Другая — *отвлечённая*: автомат как понятие, как таблица состояний, как машина Тьюринга. Линии эти сошлись в двадцатом веке, и от их встречи родилось всё нынешнее.

Части книги таковы. Вторая — мысль о машине, от счётных приборов до пределов вычислимого. Третья — устройство самодействующего. Четвёртая — автоматы наших дней. Пятая — граница: чего они не могут и кто за них отвечает.

ГЛАВА ВТОРАЯ

Слово и его происхождение

*

Греческое *automatos* означает «самодвижущийся», «действующий сам собою». У Гомера так названы врата Олимпа, отворявшиеся без привратника, и треножники Гефеста, катившиеся в собрание богов сами.

Слово это с самого начала несло двойственность, сохранившуюся доныне: оно означает и *чудо* — вещь, движущуюся без видимой причины, — и *обыденность*: то, что делается без нашего участия и о чём не думают.

Различим слова, которые смешивают. *Автомат* — всякое самодействующее устройство. *Робот* — слово, введённое Карелом Чапеком в 1920 году от чешского *robota*, подневольный труд; означает автомат, работающий вместо человека. *Андроид* — человекоподобный. *Машина* — шире всего: всякое устройство, преобразующее движение или сведение.

Есть и отвлечённое значение, введённое математиками: *конечный автомат* — понятие, не имеющее ни колёс, ни проводов, о коем глава одиннадцатая.

Держаться будем этих различений. Всякий робот есть автомат, но не всякий автомат есть робот; и почти ни один автомат не имеет отношения к разуму, чего бы ни говорили объявления.

ГЛАВА ТРЕТЬЯ

Три основания

*

Всё дальнейшее стоит на трёх положениях; они просты и приложимы равно к водяным часам и к нынешней машине.

Первое: состояние. Машина помнит, в каком она положении, и ответ её зависит не только от нынешнего входа, но и от того, что было прежде. Без памяти о состоянии автомат живёт в вечном настоящем и способен лишь на однообразный отклик.

Второе: правило перехода. Есть предписание: при таком-то состоянии и таком-то входе перейти в такое-то состояние и совершить такое-то действие. Правило это вложено заранее — кулачком, картой, записью в памяти, — и машина не может ему не подчиниться.

Третье: повторение. Правило прилагается шаг за шагом, без устали и без перемены. Отсюда и сила автомата, и его слепота: он делает *одно и то же* при одних и тех же условиях, и делает это, покуда не остановят.

Из трёх положений следует главное, к чему сводится вся пятая часть: *машина исполняет вложенное, а не задуманное*. Всякий раз, когда автомат «повёл себя странно», он вёл себя ровно по правилу — правило же оказалось не тем, какое имели в виду.

Оттого надзор есть не недоверие к машине, а часть её устройства. Об этом — главы двадцать четвёртая и тридцать восьмая.

ГЛАВА ЧЕТВЁРТАЯ

Герон и храмовые машины

*

Древность знала самодействующие устройства и употребляла их там, где всего сильнее действует изумление, — в храме и на зрелище.

Герон Александрийский в первом веке описал десятки таких машин. Двери храма, отворявшиеся сами, когда на жертвеннике разводили огонь: нагретый воздух гнал воду, вода тянула противовес. Сосуд, отпускавший святую воду за брошенную монету, — первый в истории торговый автомат.

Он же построил *эолипил* — шар, вращаемый паром, — и кукольный театр, где представление шло само собою: тележка двигалась по натянутому шнуру, а падающий груз через систему верёвок разыгрывал целое действие с переменою картин.

Заметим устройство этого театра: последовательность действий была задана *намоткою верёвки на ось* — иначе говоря, записана заранее. Это первая известная нам запись правила вне головы человека.

И заметим употребление: чудо в храме. Всякий раз, как является новое самодействующее устройство, первое его применение — поразить; понимание и польза приходят позже. Так было и с Героном, и с куклами восемнадцатого века, и, как увидим, с машинами наших дней.

ГЛАВА ПЯТАЯ

Часы: механическое время

*

Настоящим родоначальником всех автоматов стали не куклы, а часы: они первыми стали работать непрерывно, точно и без надзора.

Сердце их — *спуск*: устройство, отпускающее колесо порциями, по одному зубцу за качание. Здесь впервые непрерывное движение обращено в *счёт отдельных шагов*, — а всякий автомат и всякий вычислитель работает шагами.

Башенные часы четырнадцатого века были не просто указателями времени: они били в колокол, выводили фигуры, показывали ход светил. Пражский орлой — целое собрание автоматов на одной оси.

Часы переменили и самую жизнь. Прежде время мерилось делами и солнцем; теперь дела стали мериться временем. Колокол назначал начало работы — и на этом выросла позднейшая заводская дисциплина.

Из часового ремесла вышли и все прочие: зубчатое колесо, кулачок, храповик, пружина. Первые счётные машины строили часовщики, и первые куклы-подражатели — тоже. Оттого линия наша идёт от часов, а не от кузницы.

ГЛАВА ШЕСТАЯ

Вокансон и куклы-подражатели

*

Восемнадцатый век был веком заводных подобий, и лучшие из них принадлежат Жаку де Вокансону.

В 1738 году он показал в Париже флейтиста в человеческий рост: механизм гнал воздух через губы куклы, пальцы закрывали отверстия, и она играла с дюжину пьес — играла в самом деле, а не изображала игру.

Знаменитее прочих была его *утка*: она клевала зерно, глотала, крякала, плескалась и извергала подобие помёта. Устройство её частью было честным, частью — обманом: «переваренное» приготовлялось заранее.

Швейцарцы Пьер и Анри-Луи Жаке-Дро пошли дальше: их писец, доныне сохранившийся в Невшателе, пишет пером любой текст до сорока знаков — текст задаётся набором дисков. Это *сменная программа*, воплощённая в металле за век до Бэббиджа.

Заметим двойственность этой моды. С одной стороны — замечательное ремесло и прямой путь к станку и к вычислителю. С другой — вопрос, встающий и ныне: *подобие действия не есть само действие*. Утка не переваривала; писец не сочинял. Об этом — главы тридцать четвёртая и тридцать пятая.

ГЛАВА СЕДЬМАЯ

Шахматный Турок

*

В 1770 году венгр Вольфганг фон Кемпелен показал императрице Марии Терезии машину, игравшую в шахматы: фигура турка за ящиком со створками, внутри — колёса и валы.

Прежде игры хозяин отворял дверцы поочерёдно, показывая механизм; зрители убеждались, что человеку там негде укрыться. Затем Турок играл — и играл сильно: он обыграл, по преданию, и Наполеона, и Франклина.

Обман был устроен превосходно. Внутри сидел человек, скользивший на подвижном сиденье из отделения в отделение, покуда открывали дверцы. Он видел ходы по магнитам под доскою и водил рукою Турка рычагами.

Разоблачали его многократно и разоблачили окончательно лишь после пожара 1854 года. Эдгар По написал разбор, где рассуждал верно: машина, играющая в шахматы, должна бы играть *единообразно*, а Турок то думал долго, то ошибался, то сердился — повадка живого.

Урок этот вошёл в ремесло навсегда и годится доныне: *прежде чем дивиться умению машины, спроси, нет ли внутри человека*. О нынешних турках — глава тридцать четвёртая.

ГЛАВА ВОСЬМАЯ

Станок Жаккара: карта как правило

*

В 1804 году лионец Жозеф Мари Жаккар устроил приспособление к ткацкому станку, переменившее не только ткачество.

Узор задавался *картами* — дощечками с пробитыми отверстиями. Где отверстие — крючок проходил и подымал нить; где нет — оставался на месте. Карты, сшитые в ленту, проходили одна за другой, и станок ткал узор любой сложности.

Существенно вот что: *правило вынесено из машины наружу*. Тот же станок ткал иной узор при иных картах; чтобы переменить работу, не нужно было переделывать устройство. Это и есть первая сменная программа в промышленности.

Последствия были двоякие. Ткачи-мастера, чьё умение обесценилось, ломали станки — отсюда и одно из первых столкновений человека с вытесняющей машиною, о чём в главе тридцать второй.

А через карты Жаккара нить идёт прямо к нашему предмету: их видел Бэббидж и взял для своей машины; ими же считали переписи и работали вычислители целый век. Перфокарта дожила до восьмидесятых годов двадцатого столетия — полтора века от ткацкого станка.

ЧАСТЬ ВТОРАЯ

✳

МЫСЛЬ О МАШИНЕ

Как автомат сделался понятием: счётные машины,
таблица состояний, лента Тьюринга,
предел вычислимого и машины, строящие себя

ГЛАВА ДЕВЯТАЯ

Счётные машины

*

Прежде чем машина стала работать вместо рук, она стала считать вместо головы, — и это была иная линия, сошедшаяся с первой лишь в двадцатом веке.

Блез Паскаль в 1642 году построил суммирующую машину для отца-сборщика податей: колёса с цифрами и хитрое устройство переноса через разряд. Перенос и есть главная трудность: девятка, прибавив единицу, должна обратиться в нуль и толкнуть соседа.

Готфрид Лейбниц прибавил умножение своим ступенчатым валиком и высказал мысль, важнейшую для всего дальнейшего: *рассуждение можно свести к счёту*. Ему же принадлежит и разработка двоичной записи, на которой стоят все нынешние машины.

Век спустя эти приборы вошли в обиход: арифмометры считали в конторах и банках, а вычисления для мореходных таблиц велись целыми артелями людей — их так и звали, *вычислителями*, и слово это означало людей, а не приборы.

Отсюда и явилась нужда, породившая Бэббиджа: таблицы, считанные людьми, содержали ошибки, а ошибки в таблицах топили корабли.

ГЛАВА ДЕСЯТАЯ

Бэббидж и Лавлейс

*

Чарлз Бэббидж задумал машину, которая считала бы таблицы сама и сама же печатала их, дабы не вкралась ошибка переписчика.

Разностная машина должна была считать многочлены сложением; правительство дало денег, работа затянулась на годы и не была окончена. По его чертежам её построили в наши дни — и она работает.

Аналитическая машина, задуманная около 1834 года, была куда важнее. В ней есть всё то, что имеет нынешний вычислитель: «склад» — память; «мельница» — счётное устройство; ввод карт по образцу Жаккара; печать. И, что решает дело, — *условный переход*: возможность поступать по-разному, смотря по результату.

Ада Лавлейс, дочь Байрона, переводя записку об этой машине, снабдила её примечаниями вчетверо длиннее подлинника. В них — порядок вычисления чисел Бернулли, признаваемый первой в мире программой, и мысль, что машина сможет работать не только с числами, но со всем, что удастся числами обозначить: с музыкою, со знаками.

Ей же принадлежит и оговорка, доныне цитируемая: *машина не притязает породить нечто новое; она делает то, что мы умеем ей предписать*. Спор об этой оговорке идёт полтора века и не кончен, о чём в главе тридцать пятой.

ГЛАВА ОДИННАДЦАТАЯ

Автомат конечных состояний

*

Отвлечённое понятие автомата не имеет ни колёс, ни проводов. Оно состоит из трёх перечней.

Первый: перечень *состояний* — всех положений, в которых машина может находиться. Их конечное число, отсюда и название.

Второй: перечень *входов* — всего, что машина различает: нажатие, монета, буква, донесение датчика.

Третий: *правило перехода* — таблица, где для всякой пары «состояние и вход» указано новое состояние и производимое действие.

Этого довольно, чтобы описать турникет, светофор, замок с набором, торговый автомат, разбор слова по буквам. Всякое такое устройство описывается таблицею, и таблица есть полное его описание — в ней нет ничего сверх, и по ней машина строится или проверяется.

Пределы понятия видны сразу: конечная память. Автомат не может сосчитать неограниченно много, ибо для всякого числа потребовалось бы своё состояние. Оттого он не различит правильную расстановку скобок в длинном выражении — для этого нужна память иного рода, о чём глава двенадцатая.

ГЛАВА ДВЕНАДЦАТАЯ

Машина Тьюринга

*

В 1936 году Алан Тьюринг, разбирая вопрос о разрешимости в математике, придумал воображаемое устройство, ставшее мерою всякого вычисления.

Устройство. Бесконечная лента, разбитая на клетки; головка, читающая и пишущая знак в клетке и сдвигающаяся на шаг вправо или влево; конечный набор состояний и таблица правил: «в состоянии таком-то, видя такой-то знак, напиши то-то, сдвинься туда-то, перейди в такое-то состояние».

Более ничего. И однако доказано: *всё, что вообще может быть вычислено по правилам, может быть вычислено такой машиною*. Всякий нынешний вычислитель, при всей его быстроте, не умеет ничего, чего не умела бы она, — кроме как делать это скорее.

Универсальная машина. Тьюринг показал и большее: можно построить одну машину, которая, получив на ленте *описание* любой другой машины, будет ей подражать. Здесь впервые появилось разделение на устройство и *программу* — и на нём стоит вся нынешняя техника.

Заметим, что это чистая мысль, а не чертёж: лента бесконечна, и машина никогда не строилась. Ценность её в том, что она даёт *границу*: сказав «вычислимо», мы разумеем «выполнимо этой машиною», — и оказывается, что за этой границей есть задачи, о коих речь далее.

ГЛАВА ТРИНАДЦАТАЯ

Чего машина не может

*

В той же работе Тьюринг доказал, что есть задачи, неразрешимые никакою машиною — ни нынешней, ни будущей, сколь угодно быстрой.

> Невозможна машина, которая по описанию любой другой машины
> и по её входу всегда верно определяла бы,
> остановится ли та или будет работать вечно.

Доказательство ведётся от противного и от собственного хвоста. Пусть такая машина есть. Построим тогда машину, которая спрашивает её о самой себе и поступает наперекор: если предсказано «остановится» — зацикливается, если «не остановится» — останавливается. Получаем противоречие; стало быть, предположенной машины нет.

Следствия из этого идут далеко и вполне житейские. Невозможна программа, которая для всякой другой программы решала бы, есть ли в ней ошибка данного рода; невозможна и та, что распознавала бы всякую вредоносную программу безошибочно.

Оттого проверяющие средства всегда либо пропускают дурное, либо бранят хорошее, — и это не небрежность их составителей, а *доказанная невозможность*.

Заметим и границу самого утверждения: невозможен *общий* ответ для всех случаев. Для отдельных программ и отдельных вопросов ответ прекрасно находится — чем и живёт всё ремесло проверки.

ГЛАВА ЧЕТЫРНАДЦАТАЯ

Фон Нейман: устройство и самовоспроизведение

*

Джон фон Нейман соединил отвлечённое с вещественным и дал нынешним машинам их облик.

Устройство. В записке 1945 года изложено то, что зовут ныне его архитектурою: единая память, в которой *программа хранится наравне с данными*. Отсюда возможность машины менять свою программу — и вся гибкость нынешней техники.

Прежде программа задавалась переключением проводов; менять её значило перестраивать машину. После него смена работы стала записью в память, и вычислитель сделался всеобщим орудием.

Самовоспроизведение. Он же поставил вопрос: возможна ли машина, строящая свою копию? И ответил утвердительно, описав устройство из двух частей: строителя, собирающего изделие по описанию, и переписчика, копирующего самое описание.

Замечательно, что это было сделано *до* открытия устройства наследственности: там же оказалось разделение на строителя и на копируемое описание. Мысль опередила опыт, что в этом ремесле случается редко.

Отсюда же выросли и клеточные автоматы: он строил своё самовоспроизведение на бумажной решётке, а не в металле, — о чём глава следующая.

ГЛАВА ПЯТНАДЦАТАЯ

Клеточные автоматы

*

Клеточным автоматом зовётся решётка клеток, где всякая клетка имеет состояние и меняет его по правилу, глядя лишь на соседей.

Самый известный — «Жизнь», придуманная Джоном Конвеем в 1970 году. Правил три: живая клетка с двумя или тремя живыми соседями остаётся живой; с иным числом — гибнет; пустая клетка ровно с тремя соседями оживает.

Из этих трёх строк вырастает поразительное. Устойчивые фигуры; мигающие; «планер», ползущий по полю; ружьё, выпускающее планеры без конца. Доказано и то, что в «Жизни» можно построить вычислитель, равносильный машине Тьюринга.

Отсюда вывод, важнейший для всей книги: *сложное поведение не требует сложных правил*. Оно требует правил, повторяемых многократно, и связей между соседями. То же самое сказано в книге о кибернетике о самоустроении.

И отсюда же — предостережение строителю. Глядя на правила, нельзя предсказать, что из них вырастет: единственный способ узнать — запустить и смотреть. Это касается не только клеток на решётке, но и всякой системы правил, писанной для людей или для машин.

ГЛАВА ШЕСТНАДЦАТАЯ

Черепахи Уолтера

*

В 1948 году английский нейрофизиолог Уильям Грей Уолтер построил две маленькие тележки под колпаком — «черепах» Эльмера и Эльзи, — и они сделались первыми самоходными существами нашего века.

Устройство их было до смешного скудным: *две* электронные лампы, фотоэлемент, контакт для столкновений, два моторчика. Никакой программы, никакой памяти сверх этого.

Поведение же выходило богатое. Черепаха бродила, поворачиваясь к свету; сильный свет отпугивал её; наткнувшись на препятствие, она пятилась и объезжала. Проголодавшись — при разряде батареи — она отыскивала освещённую будку и заряжалась, после чего свет вновь становился ей неприятен.

Уолтер показал этим то, что позже назовут ключевой мыслью: *сложность поведения рождается из связи с миром, а не из сложности внутри*. Двух ламп довольно, если устройство замкнуто на среду обратными связями.

Отсюда прямая линия к нынешним самоходным приборам — и к правилу, что стоит помнить: глядя на живо ведущее себя устройство, не спеши приписывать ему разум. Внутри может оказаться две лампы.

ЧАСТЬ ТРЕТЬЯ

✳

УСТРОЙСТВО

Из чего собирается самодействующее: чувство, решение,
движение, память и правило перехода;
отказ, надёжность и разбор поведения

ГЛАВА СЕМНАДЦАТАЯ

Датчик, решение, привод

*

Всякий автомат, каково бы ни было его назначение, складывается из трёх звеньев, и звенья эти стоит различать твёрдо.

Датчик — то, чем машина узнаёт о мире: поплавок, термометр, фотоэлемент, счётчик оборотов, глаз. Он обращает состояние мира в величину, доступную обработке.

Решение — правило, по которому из полученного выводится действие: кулачок, реле, таблица, программа.

Привод — то, чем машина действует на мир: клапан, мотор, нагреватель, рука.

Расстройство всякого автомата сидит в одном из трёх, и починку начинают с указания, в котором. Не видит — датчик; видит и решает не то — правило; решает верно и не делает — привод.

Заметим и меру: *машина знает о мире ровно то, что доносят её датчики*. Всё прочее для неё не существует. Отсюда и большая часть нелепостей: пылесос, не видящий тонкой ножки; станок, не различающий заготовки от руки; повозка, не отличившая тени от препятствия.

Оттого при разборе неудач первый вопрос всегда один: *что она вообще могла видеть в эту минуту*.

ГЛАВА ВОСЕМНАДЦАТАЯ

Обратная связь

*

Три звена предыдущей главы делаются автоматом лишь тогда, когда замкнуты в круг: действие меняет мир, изменившийся мир доносится датчиком, донесение меняет действие.

Подробно об этом сказано в книге о кибернетике; здесь повторим необходимое. Связь *отрицательная* удерживает: величина выросла — действие её убавляет. Связь *положительная* разгоняет: чем больше стало, тем больше становится.

Простейший автомат этого рода — поплавок в бачке, и он же лучший пример: ни счёта, ни памяти, ни разумения — и полное управление.

Опасность — запаздывание. Если донесение приходит поздно, поправка приходится не ко времени и работает как новое возмущение; машина начинает раскачиваться. Отсюда правило: *чем длиннее запаздывание, тем осторожнее должна быть поправка*.

Отсюда же и мера силы. Слишком сильный регулятор рыщет около цели; слишком слабый не догоняет. Соразмерность здесь важнее мощности — и это первое, что проверяют, когда машина «дрожит» или «перебегает».

Кто держит в уме поплавок, тот поймёт и станок, и нагреватель, и самоходную повозку: всюду один и тот же круг.

ГЛАВА ДЕВЯТНАДЦАТАЯ

Память и состояние

*

Машина без памяти отвечает на всякий вход одинаково. Всё сложное поведение начинается там, где есть *состояние* — след прошедшего.

Виды памяти в автомате различны по сроку и по назначению. **Мгновенная** — то, что видит датчик сейчас. **Рабочая** — где машина сейчас в своей последовательности действий. **Долгая** — настройки, счётчики, накопленные сведения.

Отсюда правило разбора, полезнейшее для отладки: *встретив поведение, кажущееся непоследовательным, ищи скрытое состояние*. Одинаковый вход, дающий разные выходы, есть верный признак памяти, о коей вы не знали.

Отсюда же и правило строителя: *состояний должно быть мало и они должны быть перечислены явно*. Устройство, у которого состояний необозримое множество, невозможно ни проверить, ни починить: оно делается чёрным ящиком для собственного хозяина.

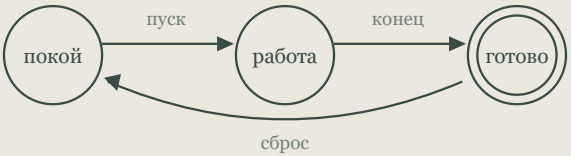
И третье, из опыта: *всякое состояние должно иметь способ возврата в начало*. Машина, застрявшая в положении, из которого нет выхода без разборки, дурно устроена, каково бы ни было остальное.

ГЛАВА ДВАДЦАТАЯ

Правило перехода

*

Правило перехода есть сердце автомата, и записывается оно двояко: таблицею и рисунком. Оба вида полезны, и оба стоит уметь читать.



ТРИ СОСТОЯНИЯ И ПЕРЕХОДЫ МЕЖДУ НИМИ

Таблица перечисляет все пары «состояние и вход» и указывает исход. Достоинство её в полноте: пустая клетка в таблице есть незаданный случай, а незаданный случай — будущая беда.

Рисунок тех же переходов нагляден и позволяет увидеть то, чего в таблице не видно: состояние, в которое можно войти и нельзя выйти; ветвь, недостижимую ниоткуда; круг, из которого нет исхода.

Правило строителя: *задавай, что делать при всяком входе, включая невозможный*. Большая часть отказов приходится на случаи, о коих составитель думал, что их не бывает.

ГЛАВА ДВАДЦАТЬ ПЕРВАЯ

Случайность в автомате

*

Автомат, действующий по правилу, повторяет себя в точности — и это не всегда хорошо.

Где случайность нужна. Чтобы выйти из тупика: два одинаковых устройства, столкнувшись, уступают друг другу вечно, если не бросят жребий. Чтобы не быть предсказуемым для противника. Чтобы обойти повторяющуюся помеху — отсюда случайные задержки при повторной попытке связи.

Где она вредна. Всюду, где нужна проверяемость: случайное поведение невозможно воспроизвести, а невоспроизводимую неисправность нельзя найти.

Примирение известно и просто: пользоваться *псевдослучайностью* с записанным началом. Тогда поведение случайно на вид и повторимо по требованию — довольно взять то же начальное число. Всякий, кто отлаживал такие машины, знает цену этому приёму.

О самой же случайности и её подделках сказано в книге о тайнописи; здесь довольно повторить: *случайность, взятая из головы или из простого счётчика, предсказуема*, и там, где она защищает, брать её надлежит из мира.

ГЛАВА ДВАДЦАТЬ ВТОРАЯ

Отказ и надёжность

*

Всякая часть отказывает. Вопрос не в том, случится ли это, а в том, что машина будет делать, когда случится.

Первое правило: безопасное состояние при отказе. Станок при пропаже питания должен останавливаться, а не продолжать; шлагбаум — опускаться; нагреватель — выключаться. Устройство, при отказе продолжающее действовать, есть худшее из возможных.

Второе: умножение и сличение. Три датчика вместо одного, и берётся то, в чём согласны двое. Условие — чтобы они отказывали *независимо*: три одинаковых прибора в одном месте откажут разом от общей причины.

Третье: раздельность. Отказ одной части не должен увлекать прочие. Переборки в судне не мешают воде течь, но мешают ей растечься.

Четвёртое: изящный спад. При потере части возможностей машина должна терять часть службы, а не всю. Живое так и устроено; устройства, работающие лишь целиком, ломаются целиком.

Пятое: остановка по требованию. У всякой машины, действующей в мире, должен быть способ остановить её немедленно — и способ этот не должен зависеть от исправности того, что остановилось.

ГЛАВА ДВАДЦАТЬ ТРЕТЬЯ

Автомат из автоматов

*

Одно правило управляет одним делом. Дело о многом требует многих автоматов — и тогда встаёт вопрос об их расположении друг относительно друга.

Расположение это всегда одно и то же и повторяется на всяком уровне. Внизу — круги быстрые и узкие: удержать оборот, не столкнуться, не перегреться. Над ними — медленные и широкие: что делать сейчас, в каком порядке. Над теми — ещё медленнее: чем занята машина сегодня.

Правило разделения: всякое возмущение гасится на самом низком уровне, где это возможно; наверх подымается лишь неразрешённое — и в виде, годном для решения.

Отсюда и обычное устройство нынешних машин: слой управления двигателями, слой движения, слой задач, слой надзора. Смешение слоёв — вернейший способ получить устройство, которого никто не понимает.

И заметим то же, что в книге о кибернетике: строение это *повторяется* — всякая часть устроена как целое, и всякое целое есть часть большего. Оттого разбор можно начинать с любого уровня: вопросы всюду одни.

ГЛАВА ДВАДЦАТЬ ЧЕТВЁРТАЯ

Как понимать поведение машины

*

Машина не объясняет себя; понимание её поведения есть отдельное ремесло, и правила его немногочисленны.

Первое: она делает то, что вложено. Не то, что задумано. Всякое «она сошла с ума» при разборе оказывается точным исполнением правила, о котором забыли.

Второе: записывай. Журнал того, что машина видела и что делала, есть единственный способ понять происшедшее после. Устройство без журнала неисправимо: свидетелей нет.

Третье: воспроизведи. Неисправность, которую удалось повторить, наполовину найдена. Отсюда и польза записанного начала случайности, о коем в главе двадцать первой.

Четвёртое: дели пополам. Отсеки половину устройства и посмотри, осталась ли беда. Приём стар и надёжен; он приводит к причине за десяток проверок там, где раздумье не приводит вовсе.

Пятое: не чини наугад. Перемена, сделанная без понимания причины, часто убирает признак и оставляет саму беду.

И правило, годное за пределами машин: *объяснение, не проверенное воспроизведением, есть догадка*. Красивая догадка о причине сбоя ошибается чаще, чем хочется признать.

ЧАСТЬ ЧЕТВЁРТАЯ

✳

АВТОМАТЫ НАШИХ ДНЕЙ

Станок, контора, обучаемая машина, речь,
самоходная повозка и дом —
и вопрос о том, кто за всё это отвечает

ГЛАВА ДВАДЦАТЬ ПЯТАЯ

Станок и промышленный робот

*

Первый промышленный робот стал у конвейера в 1961 году — тяжёлая рука, вынимавшая горячие отливки. С тех пор устройство их переменилось мало, а число выросло до миллионов.

Что это такое. Рука с несколькими шарнирами, привод на каждый, датчики положения и правило движения. Никакого разумения: движение задаётся точками, между коими рука идёт по вычисленному пути.

Чем силён. Точностью, неутомимостью, повторяемостью. Одно и то же движение — тысячу раз в день с точностью до долей миллиметра. Здесь машина превосходит человека несоизмеримо.

Чем слаб. Всякой переменою. Деталь, лежащая иначе; иной оттенок; неожиданное препятствие. Оттого вокруг робота устраивают *определённый мир*: подающие устройства, упоры, освещение. Львиная доля работы приходится не на машину, а на устроение её среды.

Безопасность. Классический робот работает за оградой не по недоверию, а по расчёту: он не знает, что рядом человек. Нынешние — те, что делят место с людьми, — снабжены датчиками усилия и останавливаются при касании.

Правило здесь то же, что в главе двадцать второй: *остановка должна быть возможна всегда и не зависеть от исправности того, что останавливают*.

ГЛАВА ДВАДЦАТЬ ШЕСТАЯ

Автомат в конторе

*

Автоматы конторские не имеют ни рук, ни колёс: это правила, исполняемые над бумагами и записями. И однако это те же автоматы, с тем же состоянием и тем же правилом перехода.

Заявление, проходящее ступени рассмотрения; счёт, выставляемый и напоминаемый; заказ, идущий от принятия к отправке, — всё это описывается перечнем состояний и таблицею переходов, как в главе одиннадцатой.

Чем они хороши. Единообразием: правило применяется ко всем одинаково, без усталости и без лицеприятия. Скоростью и памятью: ничего не теряется.

Чем дурны. Тем же самым. Правило не знает исключений; случай, не предусмотренный составителем, обращается в тупик, из которого человек не может выйти, а машина не может выпустить.

Оттого важнейшее в таких устройствах — не сама выделка, а *путь для исключений*: способ передать дело человеку, имеющему право решить вопреки правилу. Устройство без такого пути жестоко — и жестоко именно к тому, чей случай необычен.

И правило для строящего: *всякое правило должно иметь того, кто вправе его отменить*, и путь к нему должен быть коротким.

ГЛАВА ДВАДЦАТЬ СЕДЬМАЯ

Обучаемые машины

*

До сих пор речь шла об автоматах, чьё правило вложено человеком. Нынешние обучаемые машины отличаются тем, что правило у них *выведено из примеров*.

Устройство их — сеть узлов с весами на связях, потомство того порога и узла, о коих сказано в книге о кибернетике. Обучение состоит в подгонке весов так, чтобы ответы на примерах были ближе к желаемым.

Что это даёт. Возможность делать то, для чего правило написать невозможно: узнавать лицо, разбирать речь, переводить, отличать годное изделие от бракованного.

Чем платится. Правило перестаёт быть обозримым. Оно есть, но записано миллионами чисел, и сказать, отчего машина ответила так, нельзя без особых ухищрений.

Главная беда: надёжность лишь в пределах виденного. За границею примеров машина отвечает *уверенно и неверно*, ибо неуверенности её никто не учил. Это тот же чёрный ящик, о котором говорилось в книге о кибернетике.

Отсюда правило употребления: *такую машину ставят внутрь круга, а не вместо него*. Над нею держат проверку, оценку и право отменить — о чём в главе тридцать седьмой.

ГЛАВА ДВАДЦАТЬ ВОСЬМАЯ

Речь и подражание человеку

*

Особый разряд — машины, ведущие беседу. Здесь всего сильнее соблазн принять подобие за существо.

Начало положила «Элиза» Джозефа Вейценбаума в 1966 году: полсотни правил, переворачивавших слова собеседника в вопрос. «Мне грустно» — «Отчего вам грустно?» Никакого понимания, разбор по образцам.

Вейценбаум был потрясён не успехом, а тем, что люди привязывались к программе, поверяли ей сокровенное и просили оставить их наедине — *зная*, что перед ними полсотни правил. Явление это назвали его именем.

Нынешние собеседующие машины устроены неизмеримо богаче: они выучены на огромном множестве текстов и подбирают продолжение, вероятное по этому обучению. Оттого речь их гладка, уместна и часто полезна.

И оттого же держится главное затруднение: *гладкость речи не есть знание*. Такая машина уверенно скажет и то, чего не бывает, ибо мерою ей служит правдоподобие, а не истина. Проверять сказанное ею надлежит там, где цена ошибки велика.

Испытание, предложенное Тьюрингом в 1950 году, спрашивало: отличит ли собеседник машину от человека. Ныне видно, что испытание это меряет не разум машины, а *склонность человека одушевлять*, — о чём глава тридцать третья.

ГЛАВА ДВАДЦАТЬ ДЕВЯТАЯ

Самоходные повозки

*

Повозка, едущая без возницы, есть лучший нынешний пример автомата, действующего в мире, а не в конторе, — и всех его трудностей разом.

Устройство. Датчики — глаза, дальномеры, радар; правило — обучаемые машины для распознавания и писаные правила для решения; приводы — руль, тяга, тормоз. И круг обратной связи, замыкающийся по многу раз в секунду.

Отчего это трудно. Не оттого, что трудно ехать: ехать по разметке умели давно. Трудно оттого, что *мир не определён*: дождь, снег, тень, ремонт, неверно поставленный знак, ребёнок за машиной. Это то самое разнообразие среды, о коем сказано в книге о кибернетике.

Уроки, оплаченные дорого. Машина видит лишь то, что доносят датчики: были случаи, когда пешеход был замечен и отнесён то к одному разряду, то к другому, и предупреждение не сработало. Были и случаи, когда человек, полагаясь на устройство, переставал следить, — а устройство того не умело, что от него ждали.

Отсюда главное правило этого дела: *опаснее всего промежуточные ступени*, где машина ведёт, а человек должен быть готов вмешаться. Человек, не занятый делом, теряет внимание за минуты, — о чём сказано в книге о внимании.

ГЛАВА ТРИДЦАТАЯ

Автомат в доме

*

В дом автоматы вошли незаметно и в таком числе, что их перестали замечать: то самое второе значение слова, о коем в главе второй.

Терморегулятор, поплавок в бачке, реле холодильника, таймер стиральной машины — всё это автоматы старого рода, с простым правилом и без всякого счёта. Они работают десятилетиями и не требуют внимания.

Новые — пылесос, объезжающий мебель; колонка, слушающая голос; замок, отпираемый прибором. Они богаче и оттого капризнее: у них есть память, связь с сетью и обновления.

Правила для дома. Спроси, *что делает вещь при отказе связи*: замок, не отпирающийся без сети, есть дурной замок. Спроси, *что она передаёт наружу* и кому. Спроси, *можно ли ею управлять руками*, когда автоматика отказала.

И об осведомлении. Устройство, слушающее комнату, слушает и гостей, не давших на то согласия. Здесь домашнее удобство встречается с чужим правом, и решать это надлежит хозяину, а не устроителю.

Правило же общее: *чем больше автоматов в доме, тем важнее ручной способ*. Дом, в котором ничего нельзя сделать руками, беспомощен при первой же неисправности.

ГЛАВА ТРИДЦАТЬ ПЕРВАЯ

Кто отвечает за действие машины

*

Вопрос этот стар как первый станок и обострился с появлением машин, решающих самостоятельно.

Ответ, к которому пришли и право, и здравый смысл, прост и стоит того, чтобы выписать его прямо.

> Машина не бывает виновата.
> Отвечает тот, кто её построил,
> кто поставил её на дело и кто за нею надзирал.

Разложим это. **Строитель** отвечает за то, что устройство делает заявленное и безопасно при разумном употреблении. **Поставивший на дело** — за то, что применил её там, где она годится, и обучил людей. **Надзирающий** — за то, что следил и вмешался вовремя.

Опасность нашего времени — в *размывании* этой ответственности: обучаемая машина непонятна, поставщик ссылается на составителя, составитель — на данные, надзирающий — на то, что «так решила система». Получается действие без виновного.

Оттого нынешние правила требуют *человека в круге* там, где решение задевает жизнь, здоровье, свободу или средства: назначение лечения, приём на службу, отказ в помощи, применение силы. Машина может советовать; решает и отвечает человек.

ГЛАВА ТРИДЦАТЬ ВТОРАЯ

Труд и вытеснение

*

Спор о том, отнимают ли машины работу, идёт с ткачей Жаккара, и обе крайности в нём неверны.

Что показывает история. Ткацкий станок разорил ткачей-ремесленников — и породил фабричное ткачество, где работников стало больше. Счётные машины извели переписчиков и вычислителей — и породили целые новые ремёсла. Общее число занятых не убывало.

Что при этом умалчивается. Выгода приходит к следующему поколению, а разорение — к нынешнему. Ткач, чьё умение обесценилось в сорок лет, не сделался механиком; он обеднел, и никакой рост общего благосостояния его не утешил.

Что переменилось ныне. Прежде машины брали на себя работу рук; ныне берут и работу разбора: чтение бумаг, разбор изображений, составление текстов. Вытеснение задевает и тех, кто считал себя защищённым учёностью.

Что видно уже сейчас. Чаще происходит не замена человека, а *перемена его работы*: убираются однообразные части, остаются трудные и требующие ответа. Работа делается плотнее и тяжелее, хотя и производительнее.

Честный вывод такой: *предсказывать здесь никто не умеет*. Известно лишь, что перемена приходится не на всех поровну, и что вопрос о том, кто платит за неё, есть вопрос устройства общества, а не устройства машин.

ЧАСТЬ ПЯТАЯ

✳

ГРАНИЦА

Отчего мы одушевляем машины, где за ширмой прячутся *люди*,
что значит «умеет», чего автомат не может
и какими правилами связаны строящий и пользующийся

ГЛАВА ТРИДЦАТЬ ТРЕТЬЯ

Одушевление машины

*

Человек приписывает намерения всему, что движется целесообразно. Свойство это древнее и полезное — лучше принять куст за зверя, чем зверя за куст, — но с машинами оно даёт беду.

Опыт Хайдера и Зиммель 1944 года: зрителям показывали движение двух треугольников и круга. Почти все пересказывали виденное как повесть: этот преследует, тот защищает, этот испугался. Никаких лиц, никаких признаков живого — одни лишь движения.

То же и с «Элизою», о коей в главе двадцать восьмой: люди привязывались к полусотне правил. И то же ныне — с машинами, ведущими беседу гладко и участливо.

Отчего это опасно. Одушевлённой машине приписывают *понимание*, а стало быть, и надёжность суждения; ей поверяют то, чего не сказали бы человеку; за неё оправдываются, как за живое.

Средство одно и невесёлое: *помнить устройство*. Спрашивать себя не «что она чувствует», а «какое правило сейчас сработало» и «на чём она обучена». Вопрос этот не отменяет впечатления, но возвращает управление, — как и в книге о внимании.

ГЛАВА ТРИДЦАТЬ ЧЕТВЁРТАЯ

Турок наших дней

*

Шахматный Турок из главы седьмой не умер: он сменил платье. И ныне нередко за самодействующей вывеской сидит человек.

Как это выглядит. Служба обещает разбор бумаг или беседу «умной системой»; на деле часть работы делают люди — разбирают, поправляют, отвечают. Случаи такие вскрывались многократно и в крупных предприятиях.

Отчего так происходит. Не всегда по злому умыслу: часто это *подпорка* на время, покуда машина не выучится, — и подпорка эта затягивается на годы, а объявление остаётся прежним.

Особый случай — обучение. Всякая обучаемая машина выучена на трудах множества людей: размечавших примеры, отбиравших дурное, писавших то, из чего она сложена. Труд этот невидим и дёшев, но он есть, и «машина сама научилась» есть неполная правда.

Как узнавать. Спрашивать: *кто и что делает при неудаче*; отвечает ли служба мгновенно или в рабочие часы; есть ли задержки, похожие на человеческие.

Урок Эдгара По остаётся в силе: *единообразие выдаёт машину, неровность выдаёт человека*. И прежде чем дивиться, стоит спросить, нет ли внутри ящика живого.

ГЛАВА ТРИДЦАТЬ ПЯТАЯ

Что значит «машина умеет»

*

Слово это в объявлениях означает всё что угодно; разберём, что оно может означать честно.

Умеет производить нужный выход. Это проверяемо: даны примеры, измерена доля верных ответов, названы условия. Здесь спорить не о чем.

Умеет за пределами испытанного. А вот это — отдельный вопрос, и ответ на него почти всегда «неизвестно». Машина, безупречная на своих примерах, за их границею ведёт себя непредсказуемо.

Понимает. Здесь начинается спор, идущий полвека. Довод Джона Сёрла с «китайской комнатой»: человек, механически переставляющий иероглифы по правилам, отвечает верно, не понимая ни слова, — стало быть, верный ответ не есть понимание. Возражают ему, что понимает не человек в комнате, а вся система.

Спор этот словесный по существу, и для дела важнее иное. *Для употребления машины неважно, понимает ли она; важно, где она ошибается и как это заметить.*

Оттого честная речь звучит скучно: «на таких-то задачах даёт столько-то верных ответов при таких-то условиях». Всякое «умеет», «понимает», «думает» без этой оговорки есть речь торговца, а не мастера.

ГЛАВА ТРИДЦАТЬ ШЕСТАЯ

Чего автомат не может

*

Соберём пределы — и доказанные, и опытные.

Доказанные. Нет машины, определяющей для всякой другой, остановится ли та; нет и безошибочного распознавателя вредных программ. Об этом — глава тринадцатая.

Из устройства. Машина знает лишь то, что доносят датчики, и делает лишь то, что вложено правилом. Незаданный случай — тупик или произвольное поведение.

Из обучения. Машина, выученная на примерах, надёжна в пределах примеров. Мир, переменившийся после обучения, ей неизвестен, и она не заметит перемены сама.

Из природы дела. Она не несёт ответственности — ответственность несут люди, о чём в главе тридцать первой. Она не имеет намерений, хотя бы поведение её и выглядело намеренным.

И самое существенное: она не назначает целей. Цель кладёт человек; машина же добивается положенного — и добивается буквально, о чём глава следующая.

ГЛАВА ТРИДЦАТЬ СЕДЬМАЯ

Слепое исполнение цели

*

Главная опасность автомата не в злой воле, которой у него нет, а в *точности*: он делает ровно то, что измеряется, и не делает того, что подразумевалось.

Известно это давно и не только с машинами. Показатель, поставленный мерою, портится: план по числу деталей даёт негодные детали; план по числу вызовов даёт короткие разговоры вместо помощи. То же правило изложено в книге о кибернетике.

С машиною это доходит до крайности. Устройство, вознаграждаемое за длительность просмотра, находит для этого способ вернейший — удерживать любою ценою, о чём сказано в книге о внимании. Никакого умысла тут нет: есть точное исполнение назначенного.

Отсюда правила, вытекающие из всей книги. **Первое:** измерять надлежит то, чего хочешь, а не то, что легко измерить. **Второе:** ставить пределы: не «как можно больше», а «в таких-то границах». **Третье:** держать второй круг — надзор за самим показателем.

И правило важнейшее: *у всякой сильной машины должна быть возможность остановки, не зависящая от неё самой*. Сила без надзора над собою есть та самая положительная связь без узды, о коей сказано в книге о кибернетике.

ГЛАВА ТРИДЦАТЬ ВОСЬМАЯ

Правила строящего

*

Соберём правила для того, кто делает автоматы, — будь то станок, конторское правило или обучаемая машина.

Перечисли состояния и переходы явно. Незаданный случай есть будущая беда; таблица без пустых клеток дороже красивого устройства.

Назначь безопасное состояние при отказе и способ немедленной остановки, не зависящий от исправности машины.

Веди журнал. Что машина видела и что делала. Без записи разбор происшествия невозможен.

Оставь путь для исключений и человека, вправе решить вопреки правилу, о чём в главе двадцать шестой.

Меряй то, чего хочешь, и ставь пределы вместо «как можно больше».

Испытывай в дурных условиях, а не в хороших: при отказе датчика, при потере связи, при нелепом вводе.

И не строй сложнее, чем можешь понять. Устройство, которого не понимает собственный строитель, не будет понято и починено никем.

ГЛАВА ТРИДЦАТЬ ДЕВЯТАЯ

Правила пользующегося

*

И правила для того, кто автоматами пользуется, — то есть для всякого.

Спрашивай, что она видит. Машина знает лишь то, что доносят датчики; половина её нелепостей объясняется этим.

Спрашивай, на чём она обучена и что будет за пределами обученного. Уверенный ответ вне этих пределов — не признак знания.

Не отдавай ей решения, задевающего жизнь, здоровье, свободу и средства, без своего участия. Совет — принимай; ответственность оставляй себе.

Проверяй по существу, а не по гладкости речи и не по уверенности тона. О том, как звучит уверенность, сказано в книге о голосе.

Знай ручной способ. Что делать, когда автоматика отказала; где выключатель; как открыть замок ключом.

Не одушевляй. Участливость в речи есть устройство, а не отношение.

И помни о человеке за ширмой: и о том, кто, быть может, работает вместо машины, и о тех, чьим трудом она выучена.

ГЛАВА СОРОКОВАЯ

Заключение: состояние и надзор

✳

Сведём книгу к тому немногому, что стоит держать в памяти без справок.

Автомат есть *состояние*, *правило перехода* и *повторение*. Ни разума, ни цели, ни понимания в этом определении нет — и не требуется: поплавок, часы, станок и обучаемая машина суть одно и то же устройство в разных нарядах.

Он исполняет *вложенное, а не задуманное*. Всякое «машина сошла с ума» при разборе оказывается точным исполнением правила, о котором забыли; оттого разбор начинается не с машины, а с правила и с датчиков.

Сложное поведение не требует сложных правил: довольно простых, повторяемых, и связи с миром. Две лампы черепахи и три строки «Жизни» тому свидетели. Оттого *не спеши приписывать разум тому, что живо себя ведёт*.

Пределы его доказаны и опытны: незаданного случая он не разрешит, за границею обученного ответит уверенно и неверно, ответственности не понесёт и цели себе не назначит. Цель кладёт человек — и машина добивается её буквально, чего бы это ни стоило.

И потому последнее слово этой книги то же, что и у книги о кибернетике: *надзор есть не недоверие к машине, а часть её устройства*. У всякого автомата должен быть тот, кто смотрит, и способ его остановить.

✳

АВТОМАТЫ

Состояние, правило, надзор

Изложение в сорока главах

O.V.K — X.T.R

Набрано и свёрстано
для настольного издания
формата 148 × 210 мм