O.V.K — X.T.R

КИБЕРНЕТИКА

НАУКА ОБ УПРАВЛЕНИИ
И СВЯЗИ



ОСНОВАНИЯ И УСТРОЙСТВО

O.V.K — X.T.R

КИБЕРНЕТИКА

И ЕЁ ОСНОВА

Изложение оснований, устройства и приёмов —
от круга обратной связи к мере разнообразия,
к модели, регулятору и живучести целого

НАСТОЛЬНОЕ ИЗДАНИЕ

«Всякий, кто держит руль, знает: судно слушается не того, кто громче велит, а того, кто чаще смотрит».

— из тетрадей корабельного мастера

◈

Книга писана для того, кто управляет,
а не для того, кто рассуждает об управлении.
Основания изложены как основания,
приёмы — как приёмы,
и ничто не доказывается заново.

ОГЛАВЛЕНИЕ

◇ ◇

ЧАСТЬ ПЕРВАЯ. ЧТО ЕСТЬ КИБЕРНЕТИКА

I. Наука об управлении и связи 2
II. Слово и его происхождение 3
III. Три основания 4
IV. Кормчий и цель 5
V. Винер: наводка и рождение науки 6
VI. Эшби: мозг как устройство 7
VII. Русская линия 8
VIII. Чем кибернетика не является 9

ЧАСТЬ ВТОРАЯ. ОСНОВА: ЗАМКНУТЫЙ КРУГ

IX. Система, граница и среда 11
X. Состояние и переменная 12
XI. Цель как заданное состояние 13
XII. Круг: мера, сравнение, действие 14
XIII. Связь отрицательная: удержание 15
XIV. Связь положительная: рост и обвал 16
XV. Запаздывание и раскачка 17
XVI. Устойчивость и мера воздействия 18

ЧАСТЬ ТРЕТЬЯ. РАЗНООБРАЗИЕ И МОДЕЛЬ

XVII. Различие и разнообразие 20
XVIII. Закон необходимого разнообразия 21
XIX. Сведение и мера его 22
XX. Шум, избыток, помеха 23
XXI. Канал и его вместимость 24
XXII. Порядок, беспорядок и убыль его 25
XXIII. Чёрный ящик 26
XXIV. Модель и подобие 27

ЧАСТЬ ЧЕТВЁРТАЯ. УСТРОЙСТВО УПРАВЛЯЮЩЕГО

XXV. Правление по отклонению и по причине 29
XXVI. Усиление управления 30
XXVII. Постоянство внутреннего строя 31
XXVIII. Автомат и состояние 32
XXIX. Порог, узел, сеть 33
XXX. Обучение и приспособление 34
XXXI. Надёжное из ненадёжного 35
XXXII. Уровни и повторение строя 36

ЧАСТЬ ПЯТАЯ. КРУГ, ЗАМКНУТЫЙ НА СЕБЯ

XXXIII. Самоустроение 38
XXXIV. Наблюдатель внутри круга 39
XXXV. Система, которая делает себя 40
XXXVI. Управление хозяйством и обществом 41
XXXVII. Границы управления 42
XXXVIII. Кибернетика и вычислитель 43
XXXIX. Обучаемые машины наших дней 44
XL. Заключение: порядок и мера 45

ЧАСТЬ ПЕРВАЯ

ЧТО ЕСТЬ КИБЕРНЕТИКА

На чём стоит наука об управлении, через чьи руки она прошла
и отчего живое, машина и хозяйство
подчиняются в ней одним и тем же правилам

ГЛАВА ПЕРВАЯ

Наука об управлении и связи

◇

Кибернетика есть учение о том, как одно удерживает другое в желаемом состоянии, действуя не силою, а осведомлением. Предмет её — не вещество и не устройство само по себе, а *порядок связей*: кто кого измеряет, кто кому доносит, кто по чьему донесению меняет своё действие.

Оттого она равно приложима к рулевому и к судну, к телу и к его теплу, к заводу и к его запасам, к державе и к её казне. Различны вещества, различны сроки, различны величины; строение же круга, в котором идёт управление, одно.

Наука эта не спрашивает, из чего сделан управляющий. Он может быть человеком, поплавком в бачке, пружиной, счётной машиною или собранием людей. Существенно лишь, что он получает *весть* о состоянии дела и по ней правит своё действие.

Из этого следует главное преимущество ремесла: рассуждение, добытое на простом устройстве, годится и для сложного, если строение связей у них совпадает. Кибернетик учится на бачке с поплавком, а применяет усвоенное к предприятию.

Отсюда же и главная её опасность: сходство связей соблазняет считать сходными и сами вещи. Оттого во всякой главе этой книги указывается не только на то, что общего, но и на то, где подобие обрывается.

Три предмета занимают нас далее. Первый — **круг**: как устроено удержание. Второй — **разнообразие**: чем измеряется трудность управления. Третий — **модель**: почему управляющий обязан носить в себе подобие того, чем правит.

ГЛАВА ВТОРАЯ

Слово и его происхождение

◇

Слово взято у греков. *Kybernetes* — кормчий, тот, кто стоит у рулевого весла; от него же латинское *gubernator* и наше «губернатор». Уже в этом корне заключено всё учение: правит не тот, кто гребёт, а тот, кто держит направление, глядя на воду и на звезду.

Платон употребил родственное слово для искусства управления людьми, поставив рядом кормчего и правителя. В 1834 году Ампер, расписывая порядок наук, назвал *кибернетикой* науку о государственном управлении и поместил её среди наук о человеке. Имя было дано и на сто лет забыто.

Вернул его Норберт Винер, издав в 1948 году книгу под заглавием «Кибернетика, или управление и связь в животном и машине». Заглавие это само есть определение: два предмета — управление и связь, две области — живое и рукотворное, и утверждение, что предмет у них общий.

Выбор слова оказался и удачею, и бедою. Удачею — ибо кормчий есть образ точный: он не толкает судно, а лишь чуть отклоняет руль, и делает это непрестанно. Бедою — ибо приставка «кибер» пошла гулять по свету, обрастая смыслами, к науке отношения не имеющими.

Условимся же держаться первого смысла. Всюду далее «кибернетика» означает учение о круге управления, а не о машинах, не о сетях и не о вымыслах, к ним приставших.

ГЛАВА ТРЕТЬЯ

Три основания

◇

Как бы ни разнились школы, все они стоят на трёх положениях. Выпишем их прямо, ибо на них держится всякий приём этой книги.

Первое. Основа всего — *различие*. Управлять можно лишь тем, что может быть в разных состояниях, и лишь тогда, когда различие этих состояний доступно наблюдению. Где нет различия, там нет ни вести, ни управления, а есть одно лишь неподвижное вещество.

Второе. Управление есть *круг*, а не стрела. Действие изменяет состояние, состояние изменяет весть, весть изменяет действие. Разомкни круг в любом месте — и останется толкание вслепую, которое зовут насилием, ибо оно не знает своих последствий.

Третье. У круга есть *мера*: положение, которое надлежит удерживать. Без неё отклонение неотличимо от движения, а поправка — от порчи. Мера может быть задана извне, а может быть выработана самою системою; но пока её нет, нет и управления.

Из этих трёх положений выводится вся книга. Часть вторая разбирает круг, часть третья — различие и его счёт, часть четвёртая — устройство того, кто правит, часть пятая — случай, когда круг замыкается на самого себя.

Заметим наперёд: ни одно из трёх оснований не требует, чтобы управляющий понимал, чем он правит. Требуется лишь, чтобы он различал, сравнивал и действовал вовремя. Об этом — глава двадцать третья.

ГЛАВА ЧЕТВЁРТАЯ

Кормчий и цель

◇

Возьмём образ, от которого наука получила имя, и рассмотрим его подробно; в нём содержится всё дальнейшее.

Кормчий держит путь на дальний мыс. Ветер сносит судно вправо, течение — влево, волна сбивает нос. Он не устраняет ни ветра, ни течения: устранить их не в его власти. Он лишь непрестанно сличает то, что видит, с тем, что задумал, и на малую долю поворачивает руль.

Отметим четыре части этого действия. Есть *мера* — направление на мыс. Есть *наблюдение* — взгляд на воду и на компас. Есть *сравнение* — суждение об отклонении. Есть *действие* — поворот руля. Убери любую из четырёх, и судно понесёт, куда несёт.

Отметим и то, что кормчий действует *после* отклонения. Он не предугадывает всякий порыв ветра; он ждёт, покуда снос обозначится, и тогда правит. В этом и слабость его, и сила: слабость — ибо всегда идёт с опозданием; сила — ибо ему не надобно знать причин, довольно знать следствие.

Отметим, наконец, меру воздействия. Кормчий, кладущий руль на борт при малом сносе, приведёт судно к рысканью и вымотает и себя, и команду. Правило это перейдёт в главу шестнадцатую и окажется общим: *поправка должна быть соразмерна отклонению*.

Всё, что дальше будет сказано о заводах, телах и державах, есть развитие этих четырёх частей и двух примечаний. Иного в кибернетике нет.

ГЛАВА ПЯТАЯ

Винер: наводка и рождение науки

◇

Наука родилась не в тиши кабинета, а при зенитном орудии. В начале сороковых годов Норберту Винеру поручили задачу наводки по быстрому самолёту: покуда снаряд летит, цель уходит, и стрелять надлежит не туда, где она есть, а туда, где она будет.

Задача заставила рассматривать вместе три вещи, дотоле разделённые: летящую машину, орудие с приводами и человека при нём. Все трое оказались звеньями одного круга, и каждый в нём делал одно и то же — принимал весть об отклонении и правил своё действие.

Тогда же Винер сошёлся с врачом Артуро Розенблютом, и врач указал ему на болезнь, при которой рука больного, тянущаяся к предмету, начинает дрожать и промахиваться всё сильнее. Так ведёт себя и наводящее устройство, если поправка идёт с запозданием или взята чрезмерной.

Совпадение это и было рождением науки. Расстройство живого мозжечка и расстройство рукотворного привода описывались одним рассуждением — не по сходству вещества, а по тождеству строения круга.

В 1948 году вышла книга, давшая делу имя. В ней управление, связь и мера сведены под одну обложку, и живое поставлено рядом с машиною без всякого умаления живого. Круг замкнулся: наука, названная по кормчему, началась с того, что научилась править дрожащую руку.

ГЛАВА ШЕСТАЯ

Эшби: мозг как устройство

◇

Иную дорогу к тому же предмету проложил английский врач Уильям Росс Эшби, много лет наблюдавший больных в лечебнице для умалишённых. Его занимал вопрос: отчего живое, брошенное в незнакомые условия, всё же находит порядок, которому никто его не учил.

В 1948 году он построил устройство, названное *гомеостатом*: четыре связанных между собою узла, каждый со стрелкою, и каждый устроен так, чтобы возвращать стрелку к середине. Связи между узлами задавались наудачу, и при дурном сочетании система шла вразнос.

Устроено же было так, что при выходе стрелки за предел узел сам менял свои связи — наугад, слепо, покуда не находилось сочетание, при котором все четыре стрелки стояли смирно. Устройство не искало решения умом; оно перебирало, покуда не переставало страдать.

Отсюда Эшби вывел мысль, ставшую основанием целой части этой науки: приспособление есть не что иное, как *удержание существенных величин в пределах жизни*. Живому нет нужды понимать среду; довольно, чтобы оно меняло себя, покуда не установится равновесие.

В книгах «Устройство мозга» и «Введение в кибернетику» он изложил и то, что нам понадобится далее: счёт разнообразия, закон необходимого разнообразия и приём чёрного ящика. Эшби писал сухо и без восторга, оттого его книги стареют медленнее прочих.

ГЛАВА СЕДЬМАЯ

Русская линия

◇

В отечестве нашем судьба этой науки вышла крутою. Основания её были заложены здесь рано: Ляпунов дал строгое учение об устойчивости движения, а Колмогоров в сороковые годы, независимо от Винера, решил задачу о наилучшем предсказании случайной величины — ту самую, из которой выросла наводка.

Но в начале пятидесятых кибернетику ославили лженаукою — за то будто бы, что она приравнивает человека к машине и служит чуждому строю. Брань эта, писанная людьми, книги Винера не читавшими, стоила отечественной науке нескольких лет.

Поворот совершился к 1955 году, когда Алексей Ляпунов, Сергей Соболев и Анатолий Китов напечатали статью «Основные черты кибернетики», где показали, что предмет её — управление, а не подмена человека. Адмирал Аксель Берг, человек упрямый и влиятельный, довёл дело до учреждения Совета по кибернетике.

Далее вышло своеобычное: то, что на Западе осталось учением, здесь взялись обращать в устройство государства. Виктор Глушков предложил общегосударственную сеть счёта и управления хозяйством — ОГАС, замысел небывалого размаха, требовавший обратной связи от каждого предприятия.

Замысел не осуществился: он требовал не столько машин, сколько правдивой отчётности, а правдивая отчётность угрожала тем, кто отчитывался. Урок этот стоит запомнить прежде всех прочих: круг управления рвётся не там, где не хватает счётной силы, а там, где кому-то выгодно, чтобы весть не дошла.

ГЛАВА ВОСЬМАЯ

Чем кибернетика не является

◇

Прежде чем идти дальше, отсечём лишнее. Имя этой науки было изрядно потрёпано, и всякий вносил в него своё.

Она не есть учение о вычислительных машинах. Машина — лишь один из возможных управляющих, и притом поздний. Поплавок в бачке, паровой регулятор Уатта и тело, знобящее на морозе, управляют без единого счёта.

Она не есть учение о железе и человекоподобных куклах. Устройство тела правимой вещи для неё безразлично; занимает её лишь порядок связей.

Она не есть учение о сетях и вымыслах о них. Приставка «кибер», прилипшая к сотне слов, происходит от литературной моды, а не от науки, и здесь не употребляется.

Она не обещает всевластия. Напротив, она первая указывает пределы: чего регулятор не может по своей малости, и чего не может никакой регулятор вообще. Об этом — главы восемнадцатая и тридцать седьмая.

Что же она есть? Способ рассматривать любое дело как круг, в котором ходит весть, и спрашивать всякий раз одно: *что здесь измеряется, с чем сравнивается, что по этому сравнению делается и сколь скоро*. Кто научится задавать этот вопрос, тот усвоил науку; остальное — подробности.

ЧАСТЬ ВТОРАЯ

ОСНОВА: ЗАМКНУТЫЙ КРУГ

Как устроено удержание, отчего связь бывает возвращающей и разгоняющей и почему всякое запаздывание есть угроза

ГЛАВА ДЕВЯТАЯ

Система, граница и среда

◇

Прежде всякого рассуждения об управлении надлежит указать, чем управляют. Указание это состоит в проведении *границы*: вот система, вот среда, вот что мы полагаем внутренним, а что внешним.

Граница не дана природою; её проводит наблюдатель, и проводит по своей нужде. Печь с истопником — одна система; печь без истопника — другая, и ведут они себя различно. Ошибка в проведении границы губит рассуждение вернее, чем ошибка в счёте.

Правило здесь такое: внутрь границы включается то, чем мы намерены и можем распоряжаться; вовне остаётся то, что на нас действует, но нашему распоряжению не подлежит. Внешнее зовётся *средою*, а действие его — *возмущением*.

Отсюда видно, что расширение границы есть первый и самый сильный приём управления. Что было неуправляемым возмущением, становится внутренним звеном, коим можно править. Хозяин, купивший рощу, из которой брал дрова, изменил не количество дров, а строение своей системы.

Отсюда же и первая опасность. Кто чертит границу слишком узко, тот вечно борется с возмущениями, коих сам и есть причина. Кто чертит слишком широко, тот берётся править тем, чего не достаёт его рукою, и изнуряется впустую.

Итак, во всяком деле начинают с трёх вопросов: что здесь система, что среда, и по какому признаку проведена черта между ними. Не ответив на них, к кругу управления не приступают.

ГЛАВА ДЕСЯТАЯ

Состояние и переменная

◇

Проведя границу, описывают внутреннее. Описание это состоит в перечне *переменных* — тех величин, которые могут меняться и за которыми мы следим.

Совокупность их значений в данное мгновение и есть *состояние* системы. Печь описывается температурою, тягою, запасом дров; предприятие — выработкою, остатком на складе, числом рук, долгом. Состояние есть точка, а поведение — след, который она чертит во времени.

Перечень переменных выбирает опять же наблюдатель, и здесь та же строгость, что и с границею. Взявший слишком мало переменных не увидит причины расстройства и будет искать её в колдовстве. Взявший слишком много утонет в подробностях и не успеет править.

Полезно делить переменные на три разряда. *Существенные* — те, выход коих за предел губит систему: тепло тела, наличность в кассе, давление в котле. *Правимые* — те, что подлежат нашему действию: подача топлива, цена, число смен. *Наблюдаемые* — те, о коих доходит весть.

Всё искусство управления есть удержание переменных первого разряда посредством переменных второго по донесению переменных третьего. Если существенная величина не наблюдаема — управление слепо; если наблюдаема, но ни на что не влияет — счёт ведётся впустую.

Оттого разбор всякого расстроенного дела начинают с ревизии трёх списков. Чаще всего окажется, что следят за тем, чем не правят, и правят тем, чего не измеряют.

ГЛАВА ОДИННАДЦАТАЯ

Цель как заданное состояние

◇

Целью в этой науке зовётся не желание и не намерение, а *состояние, к которому система возвращается, будучи выведена из него*. Определение это грубое, но зато проверяемое: чтобы узнать цель, довольно вывести систему из равновесия и посмотреть, куда она пойдёт.

Определение это имеет важное следствие. Истинная цель узнаётся не по словам, а по поведению круга. Если предприятие объявляет целью качество, а поправки делает лишь по выработке, то цель его — выработка, что бы ни было написано на воротах.

Цель бывает точкою и бывает *полосою*. Точка требует непрестанного правления и потому изнурительна; полоса — предел, в котором величине дозволено гулять, — куда дешевле. Живое почти всегда правит по полосе: тело не держит тепло в одной черте, а держит его между двумя.

Целей обыкновенно несколько, и они спорят между собою: дешевизна с надёжностью, скорость с точностью, свобода с безопасностью. Спор этот не решается счётом; он решается *старшинством* — указанием, какая величина уступает первой при столкновении.

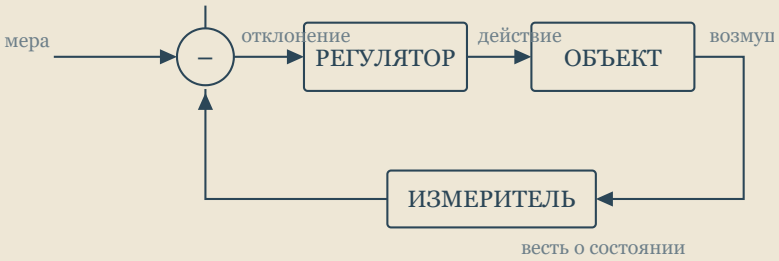
Где старшинство не назначено, там круг управления начинает метаться: правит то по одной цели, то по другой, и обе упускает. Это расстройство встречается чаще всех прочих и лечится не усердием, а прямым письменным назначением того, чем жертвуют.

ГЛАВА ДВЕНАДЦАТАЯ

Круг: мера, сравнение, действие

◇

Соберём теперь сказанное в одну схему. Она невелика, но к ней сводится всё дальнейшее.



КРУГ УПРАВЛЕНИЯ ПО ОТКЛОНЕНИЮ

Читается схема так. Мера входит в сравнение. Измеритель доносит о состоянии объекта, и донесение это вычитается из меры — отсюда знак «минус» в кружке. Разность зовётся *отклонением*. По отклонению регулятор строит действие, действие меняет объект, изменившийся объект даёт новую весть.

Круг сей замкнут и ходит непрерывно, покуда система жива. Всякое расстройство управления есть повреждение одного из пяти его мест: меры, измерителя, сравнения, регулятора или самого действия. Прежде чем чинить, надлежит указать пальцем, которое из пяти неисправно.

ГЛАВА ТРИНАДЦАТАЯ

Связь отрицательная: удержание

◇

Связь зовётся *отрицательною*, когда действие направлено против отклонения: величина поднялась — правление её опускает, упала — поднимает. Слово «отрицательная» не означает здесь ни вреда, ни укора; оно означает знак.

Такая связь есть единственный известный способ удерживать что-либо в мире, где действуют помехи. Ею держится тепло тела, уровень воды в бачке, ход паровой машины при переменной нагрузке, цена на торгу, где продавцы глядят на покупателя. Разомкни её — и величина уйдёт туда, куда её понесёт.

Замечательно, что такая связь не требует ни знания причин, ни предвидения. Регулятору довольно видеть отклонение; отчего оно возникло — от ветра ли, от груза, от чужого умысла, — ему безразлично. В этом её дешевизна и её всеобщность.

Отсюда же и цена: правление всегда идёт *вслед*. Отклонение должно сперва случиться и стать заметным, и лишь потом будет исправлено. Система с отрицательной связью не бывает без ошибки; она бывает лишь с ошибкою малою и не растущею.

Простейший её образ известен всякому: поплавок в водяном бачке. Вода убыла — поплавок опустился, клапан открылся, вода пошла; вода прибыла — поплавок всплыл, клапан закрылся. Здесь нет ни счёта, ни памяти, ни разумения — и однако есть полное управление.

Кто держит этот образ перед глазами, тот не собьётся и в делах человеческих: всякая исправная должность устроена как поплавок, а всякая расстроенная — как поплавок, оторванный от клапана.

ГЛАВА ЧЕТЫРНАДЦАТАЯ

Связь положительная: рост и обвал

◇

Связь зовётся *положительною*, когда действие направлено по отклонению, усиливая его: чем больше стало, тем больше становится. Это связь не удержания, а разгона.

Ею объясняется всё, что растёт само собою. Прибыль, обращаемая в дело, приносит новую прибыль. Слава привлекает слушателей, слушатели умножают славу. Огонь греет топливо, нагретое топливо горит жарче. Ею же объясняется и всё, что рушится: паника, отток вкладов, распад доверия, сход лавины.

Положительная связь не знает меры и цели; она знает лишь направление. Оттого она никогда не бывает конечным устройством: всякий разгон упирается либо в предел вещества, либо в отрицательную связь, наложенную сверху, либо в разрушение самой системы.

Отсюда правило для строителя: положительная связь ставится *на срок* и всегда с уздою. Разжигают огонь — но при печи держат заслонку. Разгоняют торговлю в долг — но кладут предел долгу. Кто ставит разгон без узды, тот строит не машину, а пожар.

Обыкновенное строение живучих систем таково: малая положительная связь внутри, охваченная большою отрицательною снаружи. Так растёт дерево, так работает мышца, так держится исправное хозяйство. Разгон даёт силу, удержание даёт долголетие; одно без другого не стоит.

Различать эти две связи следует прежде всякого счёта. Ошибившийся в знаке будет усиливать то, что желал унять, и его усердие обратится в ускорение беды.

ГЛАВА ПЯТНАДЦАТАЯ

Запаздывание и раскачка

◇

Ни одно донесение не приходит мгновенно, и ни одно действие не сказывается тотчас. Промежуток этот зовётся *запаздыванием*, и он есть главный враг управления.

Опасность его в том, что при достаточном запаздывании поправка приходит тогда, когда нужда в ней уже миновала, и потому действует как новое возмущение. Связь, задуманная отрицательною, оборачивается разгоняющею, и система начинает *раскачиваться*, всё шире с каждым размахом.

Всякому знаком образ: кран в бане. Вода холодна — поворачиваешь к горячей; горячая идёт с задержкою; не дождавшись, поворачиваешь ещё; вода обжигает; бросаешься назад — и стоишь под ледяною. Виновата не вода и не рука, а несоответствие между скоростью правления и скоростью отклика.

Отсюда правило: *чем длиннее запаздывание, тем осторожнее должна быть поправка*. Не быстрее править надлежит, а медленнее и мельче, покуда не станет виден отклик. Правило это противно нраву усердного начальника и оттого нарушается чаще прочих.

Второй выход — укоротить само запаздывание: приблизить измеритель к делу, сократить путь донесения, дать право поправки тому, кто стоит у станка. Час, отнятый у донесения, стоит дороже, чем удвоение силы регулятора.

Третий выход — правление по причине, а не по следствию: не ждать отклонения, а действовать по замеченному возмущению. О нём — глава двадцать пятая; там же указана и цена такого правления.

ГЛАВА ШЕСТНАДЦАТАЯ

Устойчивость и мера воздействия

◇

Устойчивою зовётся система, которая, будучи выведена из состояния, к нему возвращается. Понятие это старше кибернетики: строгое учение о нём дал Александр Ляпунов ещё в 1892 году, разбирая движение небесных тел.

Устойчивость не есть неподвижность. Устойчивая система колеблется, но размах её колебаний убывает. Неустойчивая тоже колеблется, но размах растёт, покуда что-нибудь не сломается. Различие между ними — не в наличии колебания, а в его направлении.

Три величины решают дело: *сила* поправки, *запаздывание* и *крутость* отклика объекта. Их произведение и определяет судьбу круга: покуда оно мало, колебания гаснут; перейдя черту, они расходятся. Оттого усиление регулятора не есть улучшение: сверх меры оно приводит к разносу.

> Всякое управление имеет предел усердия,
> за которым усердие обращается в порчу.

Отсюда правило соразмерности: поправка берётся *пропорционально* отклонению, а не по крайности — всё или ничего. Правление по крайности даёт вечное рысканье около цели; правление соразмерное подводит к ней плавно.

Полезно и третье соображение: устойчивость проверяется не в покое, а в толчке. Дело, которое ни разу не встряхивали, не имеет доказанной устойчивости — оно лишь не имело случая её потерять.

ЧАСТЬ ТРЕТЬЯ

РАЗНООБРАЗИЕ И МОДЕЛЬ

Чем измеряется трудность управления, что такое весть
и отчего управляющий обязан носить в себе
подобие того, чем правит

ГЛАВА СЕМНАДЦАТАЯ

Различие и разнообразие

◇

Основа всей этой науки — *различие*. Не вещество, не сила, не движение, а именно различие: то, что одно состояние не есть другое. Где всё одинаково, там не о чем ни доносить, ни рассуждать.

Разнообразием зовётся число различимых состояний, в которых вещь может находиться. Монета имеет разнообразие два, игральная кость — шесть, светофор — три, буква русской азбуки — тридцать три. Счёт этот прост до грубости и оттого пригоден ко всему.

Важно, что разнообразие зависит от *наблюдателя* не менее, чем от вещи. Для того, кто не отличает оттенков, ткань имеет одно состояние; для красильщика — сотню. Оттого всегда указывают, чьими глазами оно считано.

Разнообразие сложной вещи растёт не сложением, а умножением. Два переключателя дают четыре состояния, десять — тысячу с лишком, двадцать — свыше миллиона. Оттого прибавление подробности удорожает управление сильнее, чем кажется.

Здесь корень всех дальнейших рассуждений. Трудность управления измеряется не весом вещи и не её ценою, а разнообразием того, что она может выкинуть. Малый предмет с богатым нравом труднее в правлении, чем громада с нравом однообразным.

Оттого первый вопрос кибернетика к незнакомому делу таков: *сколько состояний оно может принять и на сколько из них я в силах ответить*.

ГЛАВА ВОСЕМНАДЦАТАЯ

Закон необходимого разнообразия

◇

Здесь лежит главный закон науки, выведенный Эшби и по строгости своей не уступающий законам естествознания.

> Только разнообразие способно уничтожить разнообразие. Управляющий должен иметь ответов не меньше, чем среда имеет ударов.

Смысл его таков. Пусть среда может нанести двадцать различных возмущений, а регулятор располагает пятью действиями. Тогда, как бы он ни был умён и усерден, пятнадцать случаев останутся без надлежащего ответа, и существенные величины выйдут из предела.

Закон этот неумолим и не обходится ни старанием, ни властью. Он есть счёт, а не мнение, и служит прежде всего для *оценки невозможного*: если разнообразие возмущений заведомо превосходит разнообразие ответов, надлежит менять не усердие, а устройство.

Способов поправить дело ровно четыре. **Первый** — умножить разнообразие управляющего: прибавить средств, рук, прав. **Второй** — убавить разнообразие среды: оградить, укрыть, договориться. **Третий** — ослабить требование: расширить полосу дозволенного.

Четвёртый и самый искусный — передать часть управления вниз, туда, где разнообразие рождается. Кто дозволяет мастеру у станка отвечать на мелкое самому, тот сберегает своё разнообразие для крупного.

ГЛАВА ДЕВЯТНАДЦАТАЯ

Сведение и мера его

◇

Весть, или сведение, есть *устранённая неопределённость*. Если я не знал, какое из восьми состояний налицо, а после донесения знаю — я получил ровно столько сведения, сколько было устранено незнания.

Мера его положена Клодом Шенноном в 1948 году, в том же году, что и книга Винера. Единицею взято устранение неопределённости между двумя равновозможными состояниями; единица эта зовётся *двоичным разрядом*. Восемь состояний — три разряда, шестнадцать — четыре, тысяча с лишком — десять.

Из определения следует замечательное: мера вести не зависит от её важности, красоты и правдивости. Донесение о пожаре и донесение о погоде равны по счёту, если равно число возможностей. Наука эта меряет не смысл, а *количество различия*, и в этом её сила и её скудость.

Отсюда прямое следствие для управления: *ожидаемое не осведомляет*. Донесение, которое всегда одно и то же, не несёт ничего, сколь бы часто его ни повторяли. Отчёт, в коем девять лет подряд стоит «всё благополучно», есть пустое место в круге управления.

Отсюда же и правило устройства донесений: доносить надлежит о *неожиданном*, а обычное оставлять в молчании. Так устроено зрение, замечающее движение, а не покой; так устроен исправный сторож, молчащий, покуда всё в порядке.

Управляющий, тонущий в отчётах, страдает не от избытка сведений, а от их отсутствия при избытке бумаги.

ГЛАВА ДВАДЦАТАЯ

Шум, избыток, помеха

◇

Ни одно донесение не доходит в чистоте. К нему всегда примешивается *шум* — всё, что приходит по тому же пути, но вестью не является: искажение, пропуск, чужое вмешательство, ошибка писца.

Шум неустраним, ибо всякий путь вещественен, а всякая вещь подвержена случаю. Задача потому ставится не «устранить», а «сделать безвредным», и решается она одним общим средством — *избытком*.

Избыток есть намеренное повторение того, что уже сказано, в ином виде. Сказать дважды. Приложить к числу его пропись. Прибавить к слову окончание, по которому восстановится падеж, если буква сотрётся. Живая речь оттого и понятна в шумной комнате, что избыточна почти наполовину.

Цена избытка — место и время: путь занят повторением вместо новизны. Оттого мера его назначается по величине шума. В тихом пути избыток есть расточительство; в шумном скупость на избыток есть верная потеря вести.

Особый и злейший род шума — помеха, вносимая *заинтересованным*. Отчёт, приукрашенный тем, кого по нему судят, есть не ошибка, а искажение по правилу, и никаким повторением не лечится: повторят то же приукрашенное.

Против такого шума средство одно — *независимый измеритель*: путь донесения, не проходящий через руки того, о ком доносят. Всякое управление, где измеряемый сам себя и меряет, обречено на медленное и незаметное расхождение с действительностью.

ГЛАВА ДВАДЦАТЬ ПЕРВАЯ

Канал и его вместимость

◇

Каналом зовётся всякий путь, по которому весть идёт от места, где она возникла, к месту, где по ней будут действовать. Провод, бумага, голос, взгляд, донесение через трёх начальников — всё это каналы, и все они подчинены одним правилам.

Всякий канал имеет *вместимость* — наибольшее количество различия, которое он способен пронести в единицу времени. Величина эта конечна и не растёт от усердия; она есть свойство пути, а не желания.

Шеннон показал, что покуда поток вестей не превышает вместимости, его можно передать со сколь угодно малою ошибкою — надлежащим кодом и избытком. Но чуть поток превысил вместимость, никакая хитрость не спасает: потери неизбежны и растут стремительно.

Для управления отсюда следует правило суровое: *разнообразие, пропущенное через узкий канал, теряется безвозвратно*. Мастер, знающий о деле сотню различий, доносящий же через отчёт о десяти, обращает своё знание в ничто — не по нерадению, а по устройству пути.

Оттого узкое место ищут не в силе регулятора, а в вместимости каналов: сколько различий поднимается снизу вверх и сколько распоряжений спускается обратно.

И ещё: канал имеет не только вместимость, но и длину. Всякая лишняя пересадка донесения прибавляет и шум, и запаздывание, и за три ступени начальства между станком и решением платится дважды.

ГЛАВА ДВАДЦАТЬ ВТОРАЯ

Порядок, беспорядок и убыль его

◇

Мера беспорядка зовётся в естествознании *энтропиею*. Чем больше состояний, в коих вещь может оказаться, и чем они равновероятнее, тем беспорядок выше; чем определённее состояние, тем ниже.

Замечено давно и с неудовольствием: предоставленное себе, всё идёт к беспорядку. Тепло растекается, строй расстраивается, запись ветшает, порядок в делах сам собою обращается в путаницу. Обратное движение само собою не происходит нигде.

Кибернетика прибавляет к этому одно, но решающее замечание. Порядок в отдельном месте *может* расти — ценою беспорядка, вынесенного вовне, и ценою непрестанной работы. Живое, машина, хозяйство суть островки порядка, покупающие себя за счёт окружающего.

Отсюда прямое следствие для управляющего: *порядок есть не состояние, а расход*. Он не устанавливается однажды, а поддерживается ежедневною тратою внимания, труда и вести. Прекрати трату — и он рассыплется не потому, что кто-то вредит, а по природе вещей.

Оттого нелепа надежда на устройство, которое, будучи однажды заведено, пойдёт само. Такого не бывает ни в котле, ни в конторе. Бывает лишь устройство, в коем трата на удержание порядка мала и разумно размещена.

И обратное: там, где порядок вдруг стал даровым, следует поискать, кто платит вместо нас, — ибо кто-то платит непременно.

ГЛАВА ДВАДЦАТЬ ТРЕТЬЯ

Чёрный ящик

◇

Часто бывает, что править приходится тем, чьё внутреннее устройство недоступно: живым телом, чужим предприятием, машиною без чертежей, собранием людей. Приём для такого случая называется *чёрным ящиком*.

Состоит он в отказе от вопроса «как оно устроено внутри» и в замене его вопросом «что оно делает». Ящик имеет входы, на которые мы действуем, и выходы, которые наблюдаем. Всё знание о нём добывается сопоставлением одного с другим.



Порядок работы таков: подать на вход известное воздействие, записать выход, повторить, менять воздействие, вести *протокол*. Из протокола выводят правило соответствия — и, коль скоро оно устойчиво, ящиком можно править, не зная о нём ничего сверх этого.

Замечательно, что так поступает всякий, кто чему-нибудь учится. Ребёнок с незнакомым запором, врач с чужою болезнью, приказчик с новым покупателем — все ведут протокол входов и выходов и все правят, не открывая ящика.

Опасность приёма одна: правило годится лишь для тех входов, что были испробованы. За их пределом ящик волен вести себя иначе, и уверенность, добытая опытом, обратится в ловушку.

ГЛАВА ДВАДЦАТЬ ЧЕТВЁРТАЯ

Модель и подобие

◇

Правило соответствия, добытое из протокола, есть уже *модель* — уменьшенное подобие правимого, носимое управляющим внутри себя. Здесь мы подходим к положению, которое венчает всю науку.

> Всякий хороший регулятор системы
> обязан быть моделью этой системы.

Доказано это положение Роджером Конантом и Россом Эшби в 1970 году, но существо его просто. Чтобы отвечать на возмущение верно, регулятор должен различать случаи; различать случаи он может лишь по тому, что у него внутри; стало быть, внутреннее его строение обязано повторять существенные различия правимого.

Отсюда следует, что *дурное управление есть всегда следствие дурной модели*. Начальник, у которого в голове предприятие проще, чем оно есть, будет отдавать распоряжения гладкие и негодные — и не по злому умыслу, а оттого, что различий, на которые надлежит ответить, он попросту не видит.

Модель никогда не бывает полной; полная модель равнялась бы самой вещи и была бы бесполезна. Искусство состоит в отборе *существенных* различий — тех, что влияют на охраняемые величины, — и в отбрасывании прочих.

И последнее: модель ветшает. Правимое меняется, а подобие в голове остаётся прежним, и расхождение растёт незаметно, покуда не обнаружится бедою. Оттого держат при себе и обычай её проверки.

ЧАСТЬ ЧЕТВЁРТАЯ

УСТРОЙСТВО УПРАВЛЯЮЩЕГО

Из чего собирается тот, кто правит: регулятор, память, порог, обучение и надёжность, складываемая из ненадёжных частей

ГЛАВА ДВАДЦАТЬ ПЯТАЯ

Правление по отклонению и по причине

◇

Есть два способа править, и всякое устройство пользуется тем или другим, а лучшие — обоими.

Первый — по отклонению. Регулятор ждёт, покуда охраняемая величина сойдёт с меры, и правит по величине схода. Способ этот дёшев и всеобъемлющ: он отвечает на любое возмущение, откуда бы оно ни пришло, и не требует знания причин. Такова связь, разобранная в главе тринадцатой.

Второй — по причине. Регулятор наблюдает не следствие, а само возмущение, и действует прежде, чем оно скажется. Открылась дверь на мороз — прибавить топлива, не дожидаясь, покуда выстынут стены. Заказ принят — готовить припас, не дожидаясь нехватки.

Выгода второго очевидна: он избавляет от запаздывания и от самого отклонения. Цена его тоже очевидна: он требует *модели* — знания, какое возмущение к какому следствию ведёт, — и потому уязвим. Ошибочная модель обратит его в источник расстройства: он будет усердно готовиться не к тому.

Отсюда правило сложения. Правление по причине ставят как *первое приближение*, снимающее большую часть возмущения; правление по отклонению оставляют как *сторожа*, подбирающего остаток и ошибку модели. Ни одно из двух не заменяет другого.

Кто правит только по отклонению — вечно чинит и вечно опаздывает. Кто правит только по причине — красиво предсказывает и однажды жестоко промахивается. Исправное устройство глядит вперёд, но щупает и позади.

ГЛАВА ДВАДЦАТЬ ШЕСТАЯ

Усиление управления

◇

Закон необходимого разнообразия ставит управляющего в затруднение: среда почти всегда богаче его. Выход из затруднения зовётся *усилением управления* и состоит в том, чтобы малым разнообразием распорядиться так, будто его много.

Приём первый — отбор существенного. Не всякое различие среды требует ответа; довольно отвечать на те, что задевают охраняемые величины. Отбросив прочее, управляющий уменьшает не свою власть, а размер задачи.

Приём второй — правило вместо решения. Вместо того чтобы отвечать на каждый случай особо, назначают правило, отвечающее за целый разряд случаев. Одно правило, разумно писанное, покрывает сотню решений и сберегает разнообразие управляющего для того, чего правило не покрыло.

Приём третий — передача вниз. Мелкие возмущения гасятся там, где рождаются, руками того, кто стоит близко. Наверх поднимается лишь то, что снизу не разрешилось. Круг управления сокращается, запаздывание падает, канал не забивается мелочью.

Приём четвёртый — уменьшение среды. Ограда, крыша, запас, договор, страхование — всё это способы отнять у среды часть её разнообразия прежде, чем она нанесёт удар. Запас есть не что иное, как купленное заранее спокойствие.

Все четыре приёма — не хитрость, а прямое следствие счёта. Управляющий не может стать богаче среды; он может лишь распорядиться тем, что имеет, так, чтобы бедность его не сказалась на охраняемых величинах.

ГЛАВА ДВАДЦАТЬ СЕДЬМАЯ

Постоянство внутреннего строя

◇

Живое тело есть образец кибернетического устройства, и стоит рассмотреть, чем оно держится. Клод Бернар заметил, что жизнь возможна лишь при *постоянстве внутренней среды*; Уолтер Кеннон дал этому имя — *гомеостаз*.

Устройство таково: несколько величин — тепло, соль, вода, сахар, кислота — удерживаются каждая в узкой полосе, и удерживаются множеством кругов сразу. Тепло правится и потением, и дрожью, и сужением сосудов, и поведением: человек надевает шубу.

Отметим три черты, годные ко всякому делу. **Первая** — охраняются немногие величины, а не всё подряд. Прочее вольно гулять как угодно, и в этой вольности сберегается сила.

Вторая — на каждую охраняемую величину поставлено несколько разных кругов. Откажет один — подхватят остальные, и притом действующие иным способом. Это не расточительство, а плата за живучесть.

Третья — охраняется не точка, а полоса, и внутри полосы никто не вмешивается. Тело не правит тепло беспрестанно; оно молчит, покуда не задета граница. Управление, вмешивающееся в каждое малое колебание, изнуряет себя и раскачивает дело, как показано в главе пятнадцатой.

Всякое долголетнее устройство — будь то тело, корабль или хозяйство — при разборе оказывается собранием таких кругов. Не единый разум правит им, а множество малых упрямых поплавков, каждый со своим пределом.

ГЛАВА ДВАДЦАТЬ ВОСЬМАЯ

Автомат и состояние

◇

Управляющий, отвечающий на всякий вход одинаково, беден. Богатство начинается там, где ответ зависит не только от входа, но и от того, что было прежде. Устройство, обладающее таким свойством, зовётся *автоматом*, а хранимое им прошлое — *внутренним состоянием*.

Описывается автомат тремя вещами: перечнем состояний, правилом перехода (в какое состояние перейти при данном входе) и правилом выхода (что при этом сделать). Замок, отпирающийся лишь при верном порядке поворотов; светофор; приказчик, помнящий, что покупатель уже спрашивал, — всё это автоматы.

Внутреннее состояние есть простейший вид *памяти*, и с него начинается всё сложное поведение. Без памяти система живёт в вечном настоящем: она не различает первого раза от сотого и потому не способна ни учиться, ни выжидать, ни доводить дело до конца.

Отсюда правило разбора: встретив поведение, которое кажется непоследовательным, ищи скрытое состояние. Одинаковый вход, дающий разные выходы, есть верный признак того, что внутри есть память, о коей мы не знаем.

Отсюда же и правило устройства: число состояний надлежит держать малым и явно перечисленным. Устройство с необозримым множеством состояний невозможно ни проверить, ни починить; оно перестаёт быть автоматом и становится чёрным ящиком — для собственного своего хозяина.

ГЛАВА ДВАДЦАТЬ ДЕВЯТАЯ

Порог, узел, сеть

◇

В 1943 году Уоррен Мак-Каллок и Уолтер Питтс предложили описание нервной клетки, ставшее основанием целой отрасли. Описание грубое до дерзости: узел принимает несколько входов, каждый со своим весом, складывает их и, если сумма превзошла *порог*, подаёт сигнал; если нет — молчит.

Замечательно в этом описании не сходство с живою клеткою — сходство неполно, — а два свойства. Первое: узел превращает *степень* в *решение*, множество малых влияний — в одно «да» или «нет». Второе: соединяя такие узлы, можно построить любое рассуждение, какое выразимо словами «и», «или», «не».

Отсюда следует важное для нашего предмета. Способность решать не требует ни разума, ни замысла, ни понимания. Довольно сложения, порога и связей. Разум, коли он есть, надстраивается над этим, но не заменяет собою.

Порог есть и главная хитрость устройства. Он даёт нечувствительность к мелочи: покуда сумма мала, узел молчит и не тревожит соседей. Так устраивается та самая *полоса дозволенного*, о которой сказано в главе двадцать седьмой.

Соединённые в сеть, такие узлы дают то, чего нет ни в одном из них порознь: устойчивость к порче части, способность к обобщению, память, размазанную по связям. Свойство целого, отсутствующее у частей, здесь не чудо, а прямое следствие связей — и в этом весь предмет кибернетики.

ГЛАВА ТРИДЦАТАЯ

Обучение и приспособление

◇

Регулятор с неизменным правилом хорош, покуда среда неизменна. Стоит ей перемениться — и вчерашнее правило начнёт вредить. Средство от этого зовётся *обучением*, а по существу есть второй круг, наложенный на первый.

Устроено так: первый круг правит объектом, второй правит *самим правилом* первого. Первый спрашивает: «каково отклонение и что делать». Второй спрашивает: «хорошо ли служит моё правило и не пора ли его менять». Первый работает быстро, второй медленно.

Простейший образ — гомеостат Эшби из главы шестой: вышли стрелки за предел — связи меняются наудачу, покуда не найдётся годное сочетание. Слепой перебор с проверкою есть самое дешёвое обучение, доступное и безмозглому устройству.

Обучение требует трёх вещей, и без любой из них обращается в пустое движение. Нужна *проба* — дозволение сделать иначе. Нужна *оценка* — правдивое донесение о том, вышло ли лучше. Нужно *закрепление* — способ удержать удачное и отбросить негодное.

Отсюда видно, отчего не учатся иные устройства и целые учреждения. Не оттого, что глупы, а оттого, что проба у них запрещена, либо оценка приходит от заинтересованного, либо удачное некому закрепить. Убери любое из трёх — и второй круг разомкнут, сколько бы ни говорили об учении.

И последнее: кто меняет правила чаще, чем действует, тот мечется; кто меняет их реже, чем меняется мир, тот отстаёт навсегда.

ГЛАВА ТРИДЦАТЬ ПЕРВАЯ

Надёжное из ненадёжного

◇

Всякая часть отказывает. Провод рвётся, клетка гибнет, человек ошибается, донесение теряется. Требовать безотказных частей бесполезно; кибернетика ставит вопрос иначе: *как из ненадёжных частей собрать надёжное целое*.

Ответ, данный Джоном фон Нейманом, состоит в *умножении и сличении*. Ставят не одну часть, а три, и берут то, в чём согласны двое. Одиночная ошибка тонет в согласии остальных; целое оказывается надёжнее любой своей части.

Условие здесь одно и оно строгое: части должны ошибаться *независимо*. Три измерителя одного изготовления, стоящие в одном месте, откажут разом от общей причины, и всё утроение окажется пустою тратою. Надёжность даёт не число, а разнородность.

Второе средство — *раздельность*: устройство делят на части так, чтобы отказ одной не увлекал прочих. Переборки в судне не мешают воде течь, но мешают ей растечься. Всякий раз, соединяя две части накрепко ради удобства, спрашивают, не соединили ли заодно и их беды.

Третье средство — *изящный спад*: устроить так, чтобы при отказе целое теряло не всё, а часть службы. Живое устроено именно так, и оттого болезнь редко бывает мгновенною смертью. Устройства же, работающие лишь целиком, ломаются целиком.

Заметим напоследок: избыток, дающий надёжность, есть тот же избыток, что даёт защиту от шума в главе двадцатой. Один закон правит и вестью, и веществом: против случая помогает разумно размещённое повторение.

ГЛАВА ТРИДЦАТЬ ВТОРАЯ

Уровни и повторение строя

◇

Один круг управляет одною величиною. Дело же о многих величинах требует многих кругов, и тогда встаёт вопрос об их *расположении друг относительно друга*.

Расположение это всегда одно и то же и повторяется на каждом уровне. Внизу — круги быстрые, узкие, глядящие на малое и правящие немедля. Над ними — круги медленные, широкие, глядящие на многое и правящие правилами, а не действиями. Над теми — ещё медленнее и ещё шире.

Правило разделения таково: **всякое возмущение гасится на самом низком уровне, где это возможно**. Наверх поднимается лишь то, что внизу не разрешилось, и лишь в виде, годном для решения, — не подробность, а разность.

Стаффорд Бир, приложивший эту науку к предприятиям, показал, что живучее устройство имеет на каждом уровне одни и те же пять служб: исполнение, согласование смежных, надзор за целым, обращённость к будущему и хранение самого смысла дела. Пропуск любой из пяти даёт узнаваемую болезнь.

Так, при отсутствии согласования смежных части начинают мешать друг другу, каждая будучи исправной. При отсутствии обращённости к будущему предприятие безупречно делает то, что завтра не понадобится. При отсутствии хранения смысла оно расползается на удельные княжества.

Заметим, что строение это *повторяется*: всякая часть устроена как целое, и всякое целое есть часть чего-то большего. Оттого разбор дела можно начинать с любого уровня — вопросы всюду одни и те же.

ЧАСТЬ ПЯТАЯ

КРУГ, ЗАМКНУТЫЙ НА СЕБЯ

Что бывает, когда система правит собою,
когда наблюдатель оказывается внутри наблюдаемого
и чего никакое управление не может

ГЛАВА ТРИДЦАТЬ ТРЕТЬЯ

Самоустроение

◇

Самоустроением зовётся появление порядка без того, кто его установил. Явление это долго считали невозможным, покуда не разглядели, что для него довольно трёх условий, и ни одно из них не требует замысла.

Условия таковы. **Первое** — множество частей, действующих по простым местным правилам, без общего плана. **Второе** — связи между соседями, по которым состояние одного влияет на состояние другого. **Третье** — приток силы извне, ибо порядок, как сказано в главе двадцать второй, есть расход.

При этих условиях порядок возникает сам: птицы строятся в стаю, не имея вожака; рынок нащупывает цену, не имея оценщика; вода при нагреве складывается в правильные ячейки; тропинка протаптывается там, где удобно, без всякого землемера.

Порядок этот не задуман никем, но и не случаен: он есть то немногое, что *устойчиво* при данных правилах и данном притоке. Прочие расположения рассыпаются сами; остаётся то, что себя удерживает. Отбор здесь производит не воля, а устойчивость.

Для управляющего отсюда следует приём величайшей силы и величайшей опасности. Вместо того чтобы предписывать порядок, изменяют *местные правила и связи*, а порядок предоставляют возникнуть самому. Так дешевле и живучее.

Опасность же в том, что возникший порядок не обязан быть желанным. Тот же способ, коим складывается стая, складывает и панику, и круговую поруку, и колею, из которой не выйти. Кто меняет правила, отвечает за всё, что из них вырастет, а вырастет не то, что задумано.

ГЛАВА ТРИДЦАТЬ ЧЕТВЁРТАЯ

Наблюдатель внутри круга

◇

До сих пор мы говорили о наблюдателе так, будто он стоит вне дела и глядит со стороны. Это удобное упрощение, и в большинстве случаев оно безвредно. Но есть случаи, где оно ложно, и там начинается то, что зовут *кибернетикою второго порядка*.

Хайнц фон Фёрстер положил её основанием простое замечание: описывающий систему сам входит в неё. Врач — часть лечения, ревизор — часть предприятия, исследователь общества — часть общества, начальник — часть того беспорядка, о котором рассуждает.

Следствия отсюда идут немедленные. **Первое:** само наблюдение есть действие. Что измеряют, то и меняется: объявленный показатель начинает выправляться в ущерб делу, ибо на него глядят. **Второе:** граница, проведённая в главе девятой, проведена наблюдателем и говорит о нём не меньше, чем о деле.

Третье и главное: управляющий не может смотреть на себя со стороны. У него нет иного взгляда, кроме собственного, и его слепое пятно ему не видно — ибо слепое пятно на то и слепое, что в нём не видно и самого пятна.

Средство здесь не в остроте ума, а в устройстве. Заводят *второй взгляд*: независимого измерителя, сторонний разбор, право младшего возразить старшему без ущерба для себя. Это не любезность, а часть круга.

Кто полагает, что видит дело беспристрастно, тот вернее прочих упустит именно то, что его касается лично.

ГЛАВА ТРИДЦАТЬ ПЯТАЯ

Система, которая делает себя

◇

Живое отличается от машины не веществом и не сложностью. Умберто Матурана и Франсиско Варела указали различие точное: машина производит нечто *иное*, нежели она сама, живое же производит *себя*. Свойство это они назвали *аутопоэзисом* — самотворением.

Станок делает деталь; клетка делает те самые части, из коих состоит, и границу, которая её отделяет. Вещество в ней меняется непрестанно, а строение держится. Живое есть не вещь, а *непрекращающийся способ делать себя*.

Отсюда неожиданное следствие о цели. У такой системы нет цели, положенной извне: её цель — собственное продолжение. Всё прочее — лишь средства. Оттого и попытка задать живому чужую меру встречает сопротивление, которого не бывает у станка.

Второе следствие касается связи со средою. Такая система не принимает распоряжений: она принимает *возмущения*, а отвечает на них по своему устройству, а не по замыслу возмущающего. Учитель не вкладывает знание в ученика; он лишь тревожит его так, чтобы тот перестроил себя сам.

Здесь предел, о который разбивается всякое прямое управление живым — человеком, собранием, обычаем. Приказ входит не как приказ, а как толчок, и во что он обратится, решает получивший, а не отдавший.

Оттого управляющий живым правит не действиями, а условиями: связями, пределами, притоком, правилами соседства. Он готовит русло, а течёт вода сама.

ГЛАВА ТРИДЦАТЬ ШЕСТАЯ

Управление хозяйством и обществом

◇

Дважды эту науку прилагали к целому хозяйству страны, и оба опыта поучительны более, чем иная удача.

Первый — замысел Виктора Глушкова: общегосударственная сеть счёта, связывающая предприятия в единый круг с правдивым и скорым донесением. Замысел не осуществился, и причина не в машинах: он требовал, чтобы отчёт был правдив, а правдивый отчёт был невыгоден отчитывающимся.

Второй — работа Стаффорда Бира в Чили, устройство под именем «Киберсин»: связь между предприятиями и средоточием, где немногие существенные величины были видны разом и почти без запаздывания. Не всеведение, а именно немногое, но вовремя. Опыт оборвался вместе с правительством, при котором вёлся.

Из обоих извлекаются уроки, годные и для малого дела. **Первый:** узкое место общественного управления — не счёт, а *правдивость и скорость донесения*. Ложное донесение, пришедшее вовремя, хуже отсутствия всякого.

Второй: закон разнообразия не отменяется величиною власти. Средоточие не может ответить на всё разнообразие страны и потому обязано передавать управление вниз — не из милости, а по счёту.

Третий: всякий показатель, поставленный мерою для тех, кого по нему судят, портится. Люди — часть круга и начинают править показателем вместо дела. Оттого меру держат в стороне от суда, а суд — в стороне от меры.

ГЛАВА ТРИДЦАТЬ СЕДЬМАЯ

Границы управления

◇

Наука эта тем и хороша, что указывает не только возможное, но и невозможное. Соберём здесь запреты, разбросанные по книге; они стоят всех приёмов вместе взятых.

Нельзя ответить на большее разнообразие меньшим. Ни усердие, ни власть, ни угроза этого не поправят. Если ударов больше, чем ответов, часть ударов пройдёт непременно.

Нельзя править быстрее, чем приходит весть. Запаздывание есть предел скорости управления, и всякая попытка его обойти усердием даёт раскачку, а не порядок.

Нельзя править тем, чего не различаешь. Величина, не имеющая измерителя, находится вне управления, сколько бы о ней ни говорили в распоряжениях.

Нельзя быть хорошим регулятором, не будучи моделью. Упрощённая голова даёт упрощённые действия, и упрощение это скажется именно в том случае, который не был предусмотрен.

Нельзя удержать порядок без расхода. Устройство, от которого требуют порядка без траты на его поддержание, разваливается по закону природы, а не по нерадению служащих.

Кто держит эти пять запретов в памяти, тот избавлен от половины несбыточных затей. Прочее в управлении есть искусство, и ему учатся на деле; но искусство, идущее против этих пяти, есть не искусство, а расточение сил.

ГЛАВА ТРИДЦАТЬ ВОСЬМАЯ

Кибернетика и вычислитель

◇

Счётная машина явилась к кибернетике не матерью и не дочерью, а орудием, и отношения их стоит разобрать, ибо их часто смешивают.

Кибернетика спрашивает: *что за круг здесь замкнут*. Наука о вычислении спрашивает: *как исполнить предписанное действие быстро и верно*. Вопросы эти разные, и ответ на второй не даёт ответа на первый.

Машина усиливает в круге ровно три места. Она расширяет *вместимость канала*, пропуская донесений больше, чем перо и бумага. Она укорачивает *запаздывание*, считая быстро. Она умножает *разнообразие ответов*, храня множество правил разом.

Чего она не делает — так это не назначает меры и не проводит границы. Что считать отклонением, чем жертвовать при споре целей, где кончается система и начинается среда — всё это остаётся за человеком, и ни быстрота, ни объём памяти здесь не помогают.

Отсюда обычная беда наших дней: круг, в котором усилено одно звено при нетронутых прочих. Донесений стало вдесятеро больше, а мера прежняя, канал решения прежний, право поправки прежнее. Толку от такого усиления мало, а шуму много.

Правило же простое: усиливать надлежит *самое узкое* место круга, а не самое удобное к усилению. Обыкновенно узким оказывается не счёт, а правдивость донесения и право действовать по нему.

ГЛАВА ТРИДЦАТЬ ДЕВЯТАЯ

Обучаемые машины наших дней

◇

Машины, обучаемые на примерах, суть прямое потомство главы двадцать девятой: те же узлы, тот же порог, те же веса на связях, только числом их ныне без счёта. Ничего нового в основании не прибавилось; прибавились величина и упорство.

Обучение их устроено по правилу главы тридцатой: есть проба, есть оценка ошибки, есть закрепление удачного изменением весов. Круг этот замкнут, покуда идёт учение, и разомкнут после: обученная машина уже не правит собою, а лишь отвечает.

Отсюда первое суждение, трезвое. Такая машина есть богатый *чёрный ящик* из главы двадцать третьей: она надёжна ровно в тех пределах, в каких её покрывает протокол входов и выходов. За пределом она отвечает уверенно и неправильно, ибо неуверенности её не учили.

Отсюда второе. Обученная на прошлом, она несёт в себе разнообразие прошлого. Если среда переменилась, а круг обучения разомкнут, она будет служить исправно и всё хуже, и никто того не заметит, покуда не спросят прямо.

Отсюда третье, важнейшее. Поставленная внутрь круга управления, она усиливает звено ответа, но меры не назначает и целей не сравнивает. Кто вручает ей и меру, тот попросту перестал управлять и полагается на *среднее из былого*.

Правило же для неё то же, что для всякого сильного регулятора: держи над нею второй круг — проверку, оценку и право отменить. Сила без надзора есть положительная связь без узды.

ГЛАВА СОРОКОВАЯ

Заключение: порядок и мера

◇

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

Управление есть *круг*, а не приказ. В нём пять мест: мера, измеритель, сравнение, регулятор, действие. Расстройство всегда сидит в одном из пяти, и починку начинают с указания, в котором.

Трудность дела измеряется *разнообразием*. Ответов должно быть не меньше, чем ударов; недостачу восполняют отбором существенного, правилами, передачею вниз и ограждением от среды.

Правит хорошо лишь тот, кто носит в себе *подобие* правимого, и правит соразмерно: *поправка по отклонению, а усердие по запаздыванию*. Кто правит сильнее, чем позволяет запаздывание, тот раскачивает то, что желал успокоить.

Порядок есть *расход*, а не состояние; он держится ежедневною тратою и рассыпается сам, без всякого злоумышленника. И всякое донесение, идущее через заинтересованного, портится, отчего независимый измеритель дороже любого усиления власти.

Всё прочее в этой книге есть подробность к сказанному. Кто, подходя к незнакомому делу, спросит: *что здесь измеряется, с чем сравнивается, кто по этому сравнению действует, сколь скоро и чем жертвует при споре целей*, — тот владеет ремеслом, хотя бы не помнил ни одного имени из числа названных.

◈

КИБЕРНЕТИКА И ЕЁ ОСНОВА

Изложение в сорока главах

O.V.K — X.T.R

Набрано и свёрстано
для настольного издания
формата 148 × 210 мм