**Стаффорд Бир. Кибернетика и менеджмент**

Изучая различные дисциплины менеджмента, читая литературу, занимаясь практикой управления, меня иногда посещают мысли о какой-то бессвязности, «кусочности» того, что изучаю или практикую. Подобные мысли и натолкнули меня на важность системного подхода, что в частности нашло свое отражение и в [рубрикаторе](http://baguzin.ru/wp/?page_id=52) настоящего блога. Системному взгляду на организацию и путь менеджера я уделяю повышенное внимание. А отсюда и интерес к основам системного подхода и наукам, изучающим закономерности систем.

Поэтому я не мог обойти вниманием [кибернетику](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B8%D0%B1%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%B5%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0) – науку об общих закономерностях процессов управления и передачи информации в различных системах, будь то машины, живые организмы или общество (определение Википедии).

Ранее я написал серию заметок об основных принципах кибернетики и моем видении их применения практикующими менеджерами:

* [закон необходимого разнообразия](http://baguzin.ru/wp/?p=577)
* [принцип эмерджентности](http://baguzin.ru/wp/?p=582)
* [принцип внешнего дополнения](http://baguzin.ru/wp/?p=587)
* [закон обратной связи](http://baguzin.ru/wp/?p=592)
* [принцип выбора решения](http://baguzin.ru/wp/?p=1255)
* [принцип иерархии управления и автоматического регулирования](http://baguzin.ru/wp/?p=1271)

На мой взгляд изучение системных вопросов, и в частности, кибернетики, позволяет увидеть за деревьями (отдельными дисциплинами, такими например, как: маркетинг, финансы, управление персоналом…) лес (организацию, как живой организм, существующий и развивающийся по единым законам ­– законам кибернетики). Поэтому неудивительно мое обращение к классике – книге Стаффорда Бира «Кибернетика и менеджмент», М.: ДомКнига, 2010. – 280 с. (первое издание на английском языке – 1959 г.)



На мой взгляд, авторы перевода немного схитрили… Английское название книги – Cybernetics and Management. Что, учитывая вышеприведенное определение, правильнее перевести, как «Кибернетика и управление». Здесь управление подразумевает самое широкое толкование: управление в животном мире, обществе, бизнесе… Могу предположить, что название «Кибернетика и менеджмент» – маркетинговый ход. Такое название, пожалуй, будет лучше продаваться… Более того, похоже, схитрили и переводчики советского издания книги, тогда оно называлось…



У каждого времени свои приоритеты! ☺

**Глава 1. Введение.**

Наука стремится отыскать «первичный» источник управления в кибернетике природных процессов, в эволюции нервной системы и самого мозга. Роль научных исследований *природы управления* ежегодно возрастает по мере увеличения мощи неуправляемых сил. Кибернетика не просто пробивает себе дорогу, ибо известно, что ничто подлинно ценное никогда легко не делается и что мощную оппозицию вызывают только фундаментальные идеи.

Всегда существовали ученые, которые считали, что человеческое познание покоится на едином фундаменте. …всех их объединял интерес к одной общей проблеме, которую можно кратко назвать проблемой управления. Данная книга ставит своей целью показ связи между кибернетикой и управлением производством.

**Глава 2. Системы как предмет исследования.**

Кибернетика – наука об управлении и связи. Объектом управления является система, то есть любой комплекс динамически связанных элементов. …в общепринятом употреблении под управлением понимается один из видов регулирования, являющийся, по сути дела, принуждением. Однако существуют более совершенные методы управления, в частности в природе и особенно в биологических системах. Управляющая система представляется особым видом машины, а управление является стратегией, применяемой машиной для достижения свой цели. Одно из самых фундаментальных понятий управления – принцип обратной связи. Еще одно важное понятие – «черный ящик».

Управление есть неотъемлемое свойство любой системы. Под системой мы будем подразумевать *взаимосвязь* самых различных элементов. Заметим, что определение любой конкретной системы является *произвольным* (произвольно очерченные границы системы).

*Классификация систем* основана на двух признаках – детерминированности и сложности:



Рис. 1. Классификация систем

Примеры систем в соответствии с предложенной классификацией:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Системы | Детерминированные | Вероятностные |
| Простые | Оконная задвижка  Проект механических мастерских | Подбрасывание монеты  Движение медузы  Статистический контроль качества продукции |
| Сложные | ЭВМ  Автоматизация | Управление запасами  Условные рефлексы  Прибыль промышленного предприятия |
| Очень сложные |  | Экономика  Мозг  Фирма |

**Глава 3. Сущность управления.**

Область исследования кибернетики – область очень сложных вероятностных систем. Эффективность, связанность биологической системы несравненно выше, чем любой неживой системы.

Гомеостат – устройство управления (машина) для поддержания любой переменной в заданных пределах (например, температура крови человек).

Основное различие между обычным понимаем термина «управления», в которое вкладывается понятие принуждения, и тем пониманием, которое нам нужно, т.е. саморегулированием.

Кибернетика – наука об очень сложных вероятностных системах, имеющих гомеостатическую природу.

Отличительной особенностью любой кибернетической системы можно считать полную бессмысленность рассмотрения ее иначе, как единого организма. Локальный подход к решению задач, характерный для энергичных и квалифицированных руководителей отдельных цехов, управлений или отделов, который приводит к частичной оптимизации соответствующих подразделений, как показано специалистами теории исследования операций, часто вреден для жизнедеятельности всего организма в целом.

Системы даже без вмешательства извне обнаруживают тенденцию к определенному поведению, имеющему аналогию в термодинамике. Энтропия стремится к максимуму, а система к состоянию равновесия, характеризующееся равномерным распределением энергии.

**Глава 4. Универсальность обратной связи.**

В пределах детерминированных систем существует много эффективных способов управления, так что обратная связь является только одним из них. Для вероятностных же систем обратная связь является единственным действительно эффективным механизмом управления.

**Глава 5. Целесообразные системы и информация.**

Системы – комплексы взаимосвязанных элементов; машины – целесообразные системы.

Машина, предназначенная для выполнения некоторых функций, представляет собой не что иное, как систему, организация которой с определенной точки зрения подчинена осуществлению поставленных перед ней задач. Метафору «машина» можно присваивать описаниям механических, биологических, социальных или формальных систем.

Коль скоро машина является целесообразной системой, то ее описание определяется картиной последовательности ее состояний в процессе движения к стоящей перед ней цели. Эта последовательность состояний задается множеством переходов одних элементов (операндов) в другие (образы). Это множество получило название *преобразования* (по Эшби). В машину должны с самого начала входить и такие элементы, которые *играют важную роль только на последующих стадиях ее работы*.

*Стохастический процесс* можно описать как ряд последовательных событий, разделенных случайными интервалами времени, для которых, тем не менее, можно определить среднюю длину интервала, а также некоторую частоту появления интервалов определенной длины.

Когда машина начинает работать, в ней появляется упорядоченность, которая начинает уничтожать царящую неопределенность, хаос. Эта особенность – появление *информации* – и позволяет нам управлять кибернетическими системами. Информация уничтожает разнообразие, а уменьшение разнообразия является одним из основных методов регулирования, и не потому, что при этом упрощается управляемая система, а потому, что поведение системы становится более предсказуемым. Наличие «шума» в системе ведет к увеличению разнообразия (а следовательно, и неопределенности), не увеличивая содержащейся в ней информации.

Естественным поведением любой системы, обладающей способностью изменять свои вероятностные характеристики, является увеличение энтропии, а следовательно, потеря информации. Чтобы система (машина) не деградировала, необходимо внести в нее дополнительную информацию.

*Эргодическая теория* рассматривает условия установления в вероятностных системах определенных предсказуемых форм поведения, не зависящих от начальных условий.

**Глава 6. «Черный ящик».**

Свойства саморегулируемости кибернетических систем раскрываются через обратную связь и гомеостаз. Вероятностные свойства этих систем исследуются при помощи статистики и теории информации. Третье основное свойство кибернетических систем: очень большая сложность – изучается методом «черного ящика». «Черный ящик», являющийся удовлетворительной моделью кибернетической системы, должен содержать такое количество информации, которое было бы способно отразить разнообразие системы.

Часто можно услышать: «создайте простую систему управления, которая не может ошибаться». Беда в том, что такие «простые» системы не обладают достаточным разнообразием, что бы справиться с разнообразием окружающей среды. Успешно справиться с разнообразием в управляемой системе может только такое управляющее устройство, которое само обладает достаточным разнообразием (согласно [закону необходимого разнообразия](http://baguzin.ru/wp/?p=577) Эшби).

Для управления очень сложными системами необходимо применять такие методы манипулирования входами и классификации выходов, которые не связаны с анализом «причин и следствий». Современные методы управления основаны именно на анализе причин и следствий. Хотя такой подход и целесообразен (позволяет снизить расходы, изучать необычные процессы), он, к сожалению, органически порочен.

«Черный ящик» дает нам ключ к овладению практическим методом, который следует использовать для управления огромным разнообразием очень сложных вероятностных систем.

Огромное разнообразие состояний «черного ящика» может быть сведено к поддающемуся обработке объему исследований методом случайного поиска, основанного на принципе максимизации энтропии путем дихотомического (пополам) деления.

Уменьшение разнообразия системы со случайным поведением может возникать естественным образом в результате взаимодействия элементов системы, обладающих информацией (на бессознательном уровне) и обратными связями.

**Глава 7. Кибернетика как новая наука.**

Термин «автоматизация» мы предлагаем относить к машинам, которые принадлежат к классу сложных детерминированных систем. Моделирующие системы, основанные на новых принципах (например, на принципе обучения), то есть системы, принадлежащие к очень сложному вероятностному классу, будут называться просто «кибернетическими машинами».

**Глава 8. Логические начала.**

Парадокс лжеца: «То, что я утверждаю сейчас, ложно». Разрешить его можно только за рамками нашего языка (нужен метаязык). Фактически мы признаем, что не все высказывания истинны или ложны, некоторые высказывания не являются ни теми, ни другими.

**Глава 9. Принцип внешнего дополнения.**

В силу теоремы неполноты Геделя любой язык управления, в конечном счете, недостаточен для выполнения поставленных перед ним задач, но этот недостаток может быть устранен благодаря включению «черного ящика» в цепь управления. Назначение «черного ящика» состоит именно в том, чтобы формулировать решения, выражаемые языком более высокого порядка, которые по определению, конечно, не могут быть выражены в терминах управления. При этом указанные решения призваны устранять недостатки первоначально созданной машины, принимающей решения. Этот принцип я называю *принципом внешнего дополнения*, ибо он представляет собой практический метод преодоления следствий теоремы неполноты.

**Глава 10. Эффективность двоичной системы счисления.**

Булева алгебра. Х = 1 означает дождь идет. Х = 0 означает, что дождя нет.

Двоичное счисление является наилучшим аппаратом для переработки как логической, так и математической информации.

**Глава 11. Теория автоматов.**

Можно построить кибернетическую машину так, чтобы она правильно функционировала при любом уровне помех. Доказано, что выход такой машины можно сделать сколько угодно точным и надежным независимо от степени надежности элементов машины или схемы их соединения.

Качественная информация, содержащаяся в словесных высказываниях, может быть сведена (при помощи булевой алгебры) к двоичной форме. Количественная информация, содержащаяся в математических выкладках, тоже может быть сведена (посредством скалярных преобразований) к двоичной форме. Пользуясь двоичным счислением (битами), можно всегда выразить любую информацию вполне адекватно и абсолютно эффективно.

Если в машину вводится бесконечная лента, на которой в один ряд напечатана последовательность нулей и единиц, то любая окружающая обстановка может быть закодирована и представлена машине.

*Машина Тьюринга* или универсальный автомат – устройство, которое способно обнаруживать событие, происходящее вне его, изменять свое собственное состояние, изменять свое положение, чтобы обнаружить другое событие, и предпринимать действия, которые влияют на то, что происходит вне его. Машина представляет собой множество состояний, подвергающихся преобразованиям; она перерабатывает информацию исключительно в форме двоичных символов; ее собственное внутреннее поведение полностью описывается двухвалентной логикой, и, наконец, вся работа машины может быть определена в виде рекурсивного процесса. Дж. фон Нейман доказал, что логически возможно построить машину, способную воспроизводить еще более сложные машины.

Кибернетика оперирует с машинами не как с механическими конструкциями, а как с системами для переработки информации, как с организмами в некоторой окружающей среде. Любая машина представляет собой систему, которая может быть схематически представлена в виде некоторого множества точек, связанных друг с другом посредством определенных, точно заданных соотношений. Поэтому в качестве модели нашей машины мы можем принять простую сеть. Каждая точка в этой сети представляет собой некоторое двоичное событие, иначе говоря, любая точка представляет собой элемент машины, который в любой момент времени может находиться только в возбужденном или невозбужденном состоянии. Линии, соединяющие все эти точки, изображают возможные виды преобразований в системе. Возбуждение одной точки мы будем рассматривать как указание на то, что некоторый импульс передается от этой точки по линии, соединяющей ее с другой точкой, и что при поступлении импульса на последнюю возможен один из двух случаев: возбуждение этой точки или прекращение возбуждения. Очевидно, что при таких условиях можно составить схему, которая описывает как внутренние взаимодействия в машине, так и ее связи с внешней средой.

Модель конечных автоматов, имеющая вид сети, в принципе адекватна представлению любой логической системы. Поведение сети может быть описано в виде связей между множествами составляющих ее точек.

Ошибка не является каким-то бедствием, по поводу которого нужно сокрушаться и от которого нужно стараться полностью избавиться; она является естественной и важной частью постоянного поведения системы. При исследовании любой данной машины в виде сети, т.е. конечного автомата, возникновение ошибок может быть обусловлено двумя источниками. Прежде всего, основной элемент сети, изображаемый точкой, может оказаться неисправным, что соответствует нарушению какого-нибудь двоичного оператора: движения рычага, срабатывания реле. Во-вторых, передача информации, представляемая в сети в виде линий, по целому ряду причин может искажаться, например, высокий уровень помех в линии, разрывы проводов, поломка передачи. Дж. фон Нейман исследует вероятности, связанные с этими ошибками, и предлагает методы их регулирования. В отношении ошибок он указывает, что ограничения способности цепей давать правильный ответ можно устранить за счет двойного или многократного дублирования компонентов системы.

При правильном построении логики кибернетических машин можно успешно справиться с любой ожидаемой вероятностью ошибок в компонентах и информационных цепях. В целом этот метод представляет собой умышленное введение избыточности.

**Глава 12. Математическая биофизика.**

Кибернетика в одинаковой мере связана с биологическими и физическими науками. Вследствие этого общая теория описания явлений, которая имеется в распоряжении кибернетики, получила название *математической биофизики*.

**Глава 13. Экспериментальные исследования свойств адаптации.**

Теория *стохастических процессов* позволяет определить некоторые предельные усредненные вероятностные характеристики, учитывающие, что на коротких интервалах времени это поведение является чисто случайным, или непредсказуемым. Мы, например, не можем точно определить, сколько голов забьет данная футбольная команда в завтрашнем матче, но в то же время в состоянии с удовлетворительной точностью предсказать, сколько голов она забьет за сто матчей.

Стохастический процесс можно точно описать с помощью вероятностных распределений, которые, в конечном счете, устанавливаются на некотором интервале времени. Любая эффективно управляемая система функционирует как гомеостат. Гомеостат Эшби представляет собой именно такую машину, предназначенную для перехода в устойчивое состояние после того, как в нее были внесены возмущения.

Обычный регулятор может обеспечить устойчивость управляемой им системы только в том диапазоне изменения внешних воздействий, который был предусмотрен при его проектировании. Гомеостат, прежде всего, настраивается в соответствии с внешними условиями, он превращает себя в машину для решения задачи, которая не была ранее сформулирована, и только после этого решает задачу, отыскивая обычную устойчивость. Такая машина сама может приспосабливаться к окружающей внешней среде и продолжает непредсказуемым образом стремиться к такому приспосабливающемуся поведению в силу большого разнообразия, которым эта машина обладает.

**Глава 14. Обучающиеся и обучающие машины.**

Отличительной особенностью кибернетических машин является способность к обучению и приспособлению к окружающей среде. Это основные понятия, которые стремятся изучить и смоделировать кибернетики. И в частности, для управления в промышленности кибернетики стремятся найти аналогию в живой природе. Они всегда представляют промышленное предприятие в виде живого организма, взаимодействующего с окружающей средой и стремящегося к самосохранению.

**Глава 15. Разумные самоприспосабливающиеся машины.**

Люди обычно ошибочно предполагают, что решения современных проблем управления в социальной, экономической и промышленной сферах лежат в пределах человеческих возможностей или что существующие способности могут быть развиты до необходимого уровня путем образования и обучения. Кибернетика стремится в принципе рассеять это заблуждение. В действительности мозг не обладает достаточным объемом и специализацией, чтобы решить эти проблемы.

Необходимо приложить разум для усиления интеллектуальной энергии. Таким образом, мы приходим к понятию усилителя умственных способностей, возможность построения которого обоснована теоремами Тьюринга-Неймана. Первым кибернетиком, который серьезно рассмотрел этот вопрос, является, по-видимому, Эшби. Он указывает, что усиление умственных способностей в такой же степени, в которой человек достиг усиления физической энергии, имело бы весьма поразительные результаты.

Представим себе предприятие как некоторый организм, обладающий протяженностью и материальным единством. Он изменяется, развиваясь и разрушаясь, приспосабливаясь к новым внутренним и внешним воздействиям. Питание этого организма составляют капитал, рабочая сила и сырье, а в результате его деятельности образуется дополнительный капитал в форме прибыли, производятся товары и удовлетворяются духовные потребности людей. Для внешнего мира предприятие выступает как организм, функционирующий в некоторой окружающей среде и способный воспринимать ее воздействия в виде изменения в конъюнктуре рынка и в социальной, политической и экономической обстановке. Этот организм должен непрерывно реагировать как единое целое в соответствии со своей структурой и свойствами на случайные возмущения окружающей среды и свои собственные изменения и неполадки.

Современная теория руководства промышленностью считает предприятие сложной вероятностной системой. Руководство также наверняка осознает, что решение проблемы для какой-либо изолированной части предприятия, рассматриваемой в качестве автономной замкнутой системы, может оказаться неверным с точки зрения общего благополучия всего предприятия.

Общей целью предприятия как единого организма является не только максимизация прибыли. Использование всего арсенала научных средств для максимизации текущей прибыли означало бы, очевидно, принесение в жертву репутации предприятия, что, в конечном счете, приводит к гибели всего организма. Значит, **если рассматривать предприятие как единый организм, то нужно задаваться многими критериями**, а решение любой задачи должно удовлетворять этим критериям поведения, относящимся к различным областям деятельности.

Как живой организм, так и любая компания имеют много противоречивых текущих целей, и это является одним из решающих факторов, обусловливающих необходимость описания предприятия как очень сложной вероятностной системы. Из всех известных научных методов решения таких задач только кибернетика признает и принимает неопределимость и сложность, выходящую за пределы возможностей человеческого разума, и находит решение в саморегулировании, тогда как другие виды управления не только не применимы, но даже не мыслимы. Кибернетика способна найти выход из противоречивости целей и **исходить из единственного критерия успеха – безусловного длительного сохранения существования**.

В течение определенного длительного периода времени отдельные части предприятия, части его системы управления, некоторые функции, осуществляемые предприятием, действительно устаревают и заменяются новыми. Эти замены не являются просто буквальными копиями оригиналов. При их реализации всегда действует механизм обратной связи, а, следовательно, непрерывно происходит адаптация.

Недостаток такой модели заключается в том, что в то время как биологические виды используют весьма расточительную систему случайных мутаций для приспособления своих свойств к изменениям окружающей среды, предприятие не может позволить себе роскоши пользоваться таким рискованным средством. В промышленности вето на неправильные мутации накладывает руководство. Эти мутации не возникают совершенно беспорядочно, и им не дают возможности развиваться до самоуничтожения, как это происходит в природе. Руководство предвидит также, что правильная мутация обладает свойством сохранять существование, и выбирает ее. Итак, **предвидение и выбор представляют собой главные атрибуты руководства**.

**Глава 16. Облик кибернетического предприятия.**

Попытаемся синтезировать машину, предназначенную для приспособления некоторой системы к условиям окружающей среды. Такая машина строится по образцу гомеостата, но она учитывает не единственное оптимальное состояние в каждой подсистеме, а множество взаимозависимых состояний. При этом она используется как регулятор, связанный с системой и предназначенный для управления ее работой.

Первую из рассматриваемых подсистем представляет само предприятие. Эта подсистема характеризуется своим состоянием в любой момент времени, определяемым наличным оборудованием, количеством изделий, находящихся в производстве, имеющимися заказами, запасами готовой продукции и сырья, числом рабочих и т.п. Критерий деятельности предприятия определяется не одной переменной, а некоторым множеством переменных, которыми руководство определяет цели предприятия. В это множество входят прибыль, процент на вложенный капитал, штаты и заработная плата, своевременность исполнения заказов. При этом на каждый данный период невозможно выработать оптимальные стратегии для достижения всех целей сразу, так как многие из них противоречивы. Но все они связаны между собой сложными зависимостями.

Конечная же цель фактически сводится к сохранению существования. Допустим, что условия сохранения существования могут быть выражены через определенное множество величин, каждая из которых характеризует одну из конкретных сторон деятельности системы.

Вторая подсистема представляет собой внешнее окружение. Она характеризуется своим состоянием в любой момент времени, определяемым конъюнктурой рынка, денежным курсом, предложением рабочей силы, наличием и стоимостью сырья и т.п. Эта подсистема воплощает в себе также и общую тенденцию развития экономики. Критерий деятельности этой подсистемы выражается в виде множества переменных, характеризующих спрос на изделия предприятия. Механизм, посредством которого внешнее окружение влияет на работу предприятия, описывается сложной функцией спроса, включающей в себя объем заказов, частоту их поступления, их распределение по заказчикам и по видам продукции, надежность и стоимость ранее выпущенной продукции и т.д. Эти параметры также связаны сложными зависимостями.

Между двумя подсистемами устанавливается гомеостатическая связь, т.е. выход одной из них подается на вход другой. Вся система в целом представляет собой машину, осуществляющую поиск ультраустойчивости. В данной проблеме приспособления число переменных, описывающих действительное состояние каждой подсистемы, весьма велико. Причем многие из них нельзя не только измерить, но даже точно определить. Поэтому каждая подсистема является чрезвычайно сложной, т.е. неопределимой. Это разнообразие рассматривается как "черный ящик". Подмножество, характеризующее каждую подсистему как критерий деятельности, является, по существу, ее гомоморфной моделью. Любая переменная каждой подсистемы должна иметь соединяющий ее с другой подсистемой канал связи, пропускная способность которого должна быть достаточной для того, чтобы любые изменения этой переменной отражались в критерии деятельности.

Практическая сторона дела сводится к тому, что буквально каждая переменная, влияющая на соответствующую подсистему, должна быть представлена в передаваемой информации, в то время как многие переменные вообще неизвестны. Возникает вопрос, насколько полно люди, осуществляющие руководство предприятиями могут учесть и осмыслить все эти многочисленные переменные. На него можно ответить вполне определенно: в весьма ограниченной степени. А наша машина вполне реально могла бы учесть сотни переменных и тем самым намного превзойти возможности человека.

Центральной задачей технической кибернетики мне представляется создание промышленной управляющей машины, которая отыскивает оптимальную гомеостатическую стратегию, усиливает умственные способности людей, властвующих над ней самой, обучается на основе собственного опыта и приспосабливается к окружающим условиям. Теоретическая возможность создания такой машины доказана.

**Глава 17. Модель живых тканей.**

**Глава 18. Модель механизма управления.**

**Глава 19. Модель неопределенности.**

Модель, иллюстрирующая вариабельность. Каждый раунд в систему подается 7 элементов, а выпускается с вероятностью 3/6 – 9 элементов, 2/6 – 6, 1/6 – 3. Может использоваться кубик, у которого 3 грани имеют девятку, две грани – шестерку, одна грань – тройку.

**Глава 20. Модель языка.**

Литература на русском языке, на которую ссылается Бир.

1. Норберт Винер. Кибернетика, или управление и связь в животном и машине.
2. У. Росс Эшби. Введение в кибернетику.
3. Дж. Фон Нейман. Общая и логическая теория автоматов.
4. А. Тьюринг. Может ли машина мыслить?