

## Юрий Адлер, В. Смелов. Системное статистическое мышление

Учебное пособие предназначено для знакомства со сложными системами, процессом их проектирования, создания и совершенствования и возможностью применения методов статистического мышления в этой деятельности. Данная работа – обзор и может служить источником для поиска и выбора литературы, а также для изучения и закрепления имеющихся знаний о сложных системах и применении методов статистического мышления.

Юрий Адлер, В. Смелов. Системное статистическое мышление. Сложные системы и статистическое мышление. – М.: Издательский дом НИТУ МИСиС, 2020. – 103 с.



Купить цифровую книгу в [ЛитРес](#)

Главная цель обзора – определение места и роли статистического мышления и его применений в управлении сложными системами. Для этого подробно рассмотрены: системотехника, исследование операций, кибернетика. В последней части обзора рассмотрены роль и место человека как главного создателя, участника и заинтересованного лица в существовании сложных систем.

### *Глава 1. Статистическое мышление: то, чего часто не хватает*

Статистическое мышление – это не мышление при помощи статистики, а способ диагностики состояния процессов/систем, основанный на теории вариабельности и имеющий своей целью принятие оптимальных управленческих решений.

Статистическое мышление основано на теории вариабельности. В основе же самой теории вариабельности лежит понимание того, что отдельные результаты функционирования любой системы (на ее выходе) подвержены изменчивости, т.е. всегда (порой незначительно) отличаются друг от друга.

Уолтер Шухарт в начале 1920-х годов работал инженером лаборатории Белла. Лампы усилителей телефонного сигнала перегорали вопреки гарантийным нормам наработки до отказа. Это приводило к недовольству потребителей, расширению штата ремонтных бригад, увеличению запасов ламп и росту затрат. Шухарту удалось выяснить, что во всем виновата вариабельность. Последняя обусловлена двумя причинами:

- 1) общими – присущими самой системе, которой свойственна вариабельность;
- 2) особыми (или специальными), которые обусловлены вмешательством в систему извне.

Но как отличить причины? Ведь если их перепутать (что происходит часто), то ситуация станет только хуже. Мы часто слышим призыв, анализировать каждое отклонение, находить причину его возникновения и устранять ее. При этом природа этой причины не учитывается, а причины несоответствий определяются и устраняются формально. Чаще всего находят ответственного, с которым в лучшем случае проводится разъяснительная беседа, но могут быть применены и более жесткие меры.

Статистическое мышление спасает от произвола. Это еще один аргумент в пользу того, что важно стремиться однозначно различать общие и специальные причины. Заслуга Шухарта не только в том, что он понял суть и природу вариабельности, но и в том, что он дал нам инструмент для определения природы их возникновения – внутренней (общей) или внешней (специальной). Этот инструмент был впервые предложен Шухартом в 1925 г., а позже назван в его честь – контрольной картой Шухарта (ККШ).

На русском ККШ впервые были описаны в книге под редакцией Х. [Кумэ](#), как один из семи простых методов управления качеством. Более подробно ККШ рассмотрены в классической книге [Уилера](#). Новый взгляд по интерпретации контрольных карт Шухарта представлен в [одноименной статье](#).

Применение статистического мышления немислимо без операциональных определений. Это понятие встречается у Н. Винера во втором издании «Кибернетики». Важность операциональных определений подчеркивал доктор Э. Деминг и его ученики. Сама же идея принадлежит П. Бриджмену: «Операциональным называется понятное разумному человеку и постоянное во времени определение, которое предполагает однозначные методы оценки и проверки путем измерения и экспериментов, а также возможность однозначного принятия решения о его значении и соответствии этому значению характеризуемого предмета».

Деминг приводит свой вариант определения:

- 1) конкретный метод испытания образца материала или сборочного узла;
- 2) критерий для принятия решений;
- 3) решение: да или нет, объект или материал, соответствуют или не соответствуют критерию.

ККШ позволяют операционально определить общие и специальные причины вариабельности. Отсутствие точек, выходящих за контрольные границы, говорит о статистической управляемости системы, иначе верно образное. Статистически управляемое – состояние, позволяющее прогнозировать поведение системы. Параметр будет оставаться внутри контрольных границ.

Статистическое мышление тесно связано с системным (см. [Гараедаги](#), [Медоуз](#), [Сенге](#)). Но не во всех существующих концепциях, как общепризнанных, так и в еще не столь широко известных, статистическое мышление заняло свое место. Так международные стандарты на системы менеджмента возможность применения статистических методов допускает в форме примечания (ранее и этого не было). Вообще, идея создания стандартов на системы менеджмента на международном уровне безусловно правильная и нужная. Но вот ажиотажная поголовная сертификация создала ситуацию схожую с получением оценок вместо знаний в учебных заведениях. О том, что из себя представляет деятельность по подготовке обычной организации к сертификации и ее прохождению, красочно рассказано в книге [Долгова](#).

История статистических методов тесно связана с историей человечества вообще, а в истории цивилизации очень важное место занимает история качества. Гуру качества Д. Джурана и У. Деминг были специалистами в области статистики. Приверженность статистическим методам во второй половине XX в. демонстрировали японцы. Они неукоснительно следуют принципу непрерывного совершенствования всех аспектов деятельности, который Деминг считал главным из всех принципов. У японцев этот принцип называется *кайдзен*. Ему посвящены две книги М. Имаи ([кайдзен](#) и [гемба кайдзен](#)). Самым успешным опытом применения статистического мышления на корпоративном уровне владеет Toyota. Американцы назвали эту производственную систему lean production (бережливое производство). Но самой интересной, на наш взгляд, книгой, которая дает наиболее полное представление о том, как действует Toyota, служит книга М. Ротера. [105]. Можно даже сказать, что все книги о Toyota, как упомянутые здесь, так и оставленные без нашего внимания, все вместе не могут передать то, что содержит одна книга М. Ротера «Тойота Ката».

Идея внедрения бережливого производства путем копирования методов и инструментов многим кажется естественной. Это в корне ошибочный подход, но спрос рождает предложение. Благодаря ему на свет появилась масса книг, например Питер С. Пэнди. [Курс на Шесть Сигм](#). Американская концепция «6 сигм» и родилась как *инструментальный* ответ бережливому производству. Но попытки скопировать и повторить без понимания сути не приведут к успеху. Следует понять основы японского подхода.

Книга [Лича](#) – прекрасный пример того, что статистическое мышление позволяет более эффективно планировать и реализовывать проекты.

Спроектировать совершенную систему невозможно, ее можно сформировать постепенно, если удастся обеспечить достаточную скорость изменений и сохранить высокую активность. Скорость изменений, имеет очень важное значение. Но понимание этого еще не стало общепринятым в проектировании сложных систем, что ведет к авариям и катастрофам.

К рассмотрению катастроф можно подойти с двух точек зрения: управление рисками и черные лебеди. В первом случае мир подчиняется закономерностям, часто вероятностным, но определенным, а непредсказуемость обусловлена только недостатком наших знаний. Вторая разработана [Талебом](#). Черные лебеди – события, соответствующие трем условиям:

- 1) вероятность событий столь мала, что ее вовсе можно не учитывать;
- 2) последствия таких событий столь велики, что они меняют мир тех, кого они касаются;
- 3) после того как это случается, появляются эксперты, которые рассказывают, что это было неизбежно.

По определению, «черные лебеди» непредсказуемы. К тому же, если система позволяет, то согласно закону Мерфи неблагоприятные события неизбежны. Но это не значит, что с ними надо мириться. Мы считаем, что статистическое мышление способно повысить наши шансы в предупреждении черных лебедей.

## *Глава 2. Системотехника: системное проектирование, или технология систем*

Системотехника – наука, изучающая процессы создания сложных систем, по большей части технических, но ее принципы и подход применимы к любой системе, в том числе к социальной. Она дает шанс лучше понять системы, которые нас окружают, часть которых – мы сами, сделать их более эффективными и надежными, а также рассмотреть вопрос о непрерывном совершенствовании процесса их создания. Похоже, что системотехника незаслуженно обделена вниманием и ее развитие стало односторонним.

Термин «системотехника» появился в словарном запасе русскоговорящих ученых и инженеров в 1962 г. с выходом в свет русского перевода Гуд Г. Х., Макол Р. Э. [Системотехника](#). Вообще, «системотехника» не самый удачный перевод system engineering. По-нашему мнению, лучше «технология систем». По сути – это направление в науке и технике по системному применению всех достижений в данной и смежных областях, предназначенное для эффективного управления (прежде всего сложными) продуктами научно-технического прогресса на всех этапах их жизненного цикла.

Потребность в системотехнике стала очевидной, когда выяснилось, что объединение лучших компонентов не обязательно дает лучшую систему. В сложных системах часто обнаруживается, что даже если отдельные компоненты удовлетворяют всем требованиям, система в целом может не работать.

Вообще системы удобно классифицировать по степени сложности (простые, сложные и очень сложные) и предсказуемости (детерминированные и вероятностные). Системы обладают свойствами: 1) целостность и делимость на части, 2) связанность, 3) организованность и 4) интегральность. Расчленив систему на отдельные части, изучая каждую из них по отдельности, нельзя познать все ее свойства в целом. В реальном мире преобладают сложные и очень сложные вероятностные системы. Сложные системы имеют ряд характерных черт:

1. Целостность или единство. Назначение системы не всегда очевидно, но единство цели существует всегда.
2. Большие размеры по числу частей, выполняемых функций, входов и стоимости.
3. Сложность поведения. Из-за взаимосвязей между элементами системы, изменение одной переменной изменяет многие другие переменные. Признак сложности – множественные петли обратной связи.
4. Высокая степень автоматизации. Хотя автоматизация никогда не достигнет предельного значения, при котором не потребуются участия людей (мнение авторов, с которым можно и не согласиться, так как примеров обратного уже немало).
5. Нерегулярное, статистически распределенное во времени поступление внешних возмущений (входов). Таким образом, невозможно точно предсказать нагрузку.

6. Наличие конкурирующих сторон. Некоторая разумная сила (враг) пытается уничтожить или уменьшить эффективность системы.

Этапы создания сложных систем по Гуду и Маколу. Фаза I – начало проектирования. Цель фазы I – запуск проектирования.



Рис. 1. Этапы проектирования системы – начальная фаза

Здесь внешнее проектирование занимается требованиями к системе и ее окружению, т.е. к вещам вне системы, внутреннее – конструктивными решениями, относящимися к оборудованию, способам работы и людям, т.е. к самой системе.

Фаза II – организации работ. Цели фазы II: развертывание бригады проектирования до полного состава; составление плана работ; начало выбора наилучшего решения.



Рис. 2. Этапы проектирования системы – организационная фаза

Система допускает разные решения, и, чтобы работа могла продвигаться, приходится выбирать из числа решений, кажущихся наи более подходящими, какое-то оптимальное решение. Некоторая разумная часть ресурсов должна быть направлена на альтернативные решения; однако, когда наступает время выбора, любое решение лучше, чем отсутствие решения.

Фаза III – предварительное проектирование. Цель – разработка первого варианта того, что из себя будут представлять система и элементы. Крайне важно, чтобы результаты новых теоретических исследований и экспериментов находили применение в системе.



Рис. 3. Этапы проектирования системы – фаза предварительного проектирования

Фаза IV – основное проектирование. Цель – уточнить функциональное задание. Эта фаза завершается получением проектного задания.

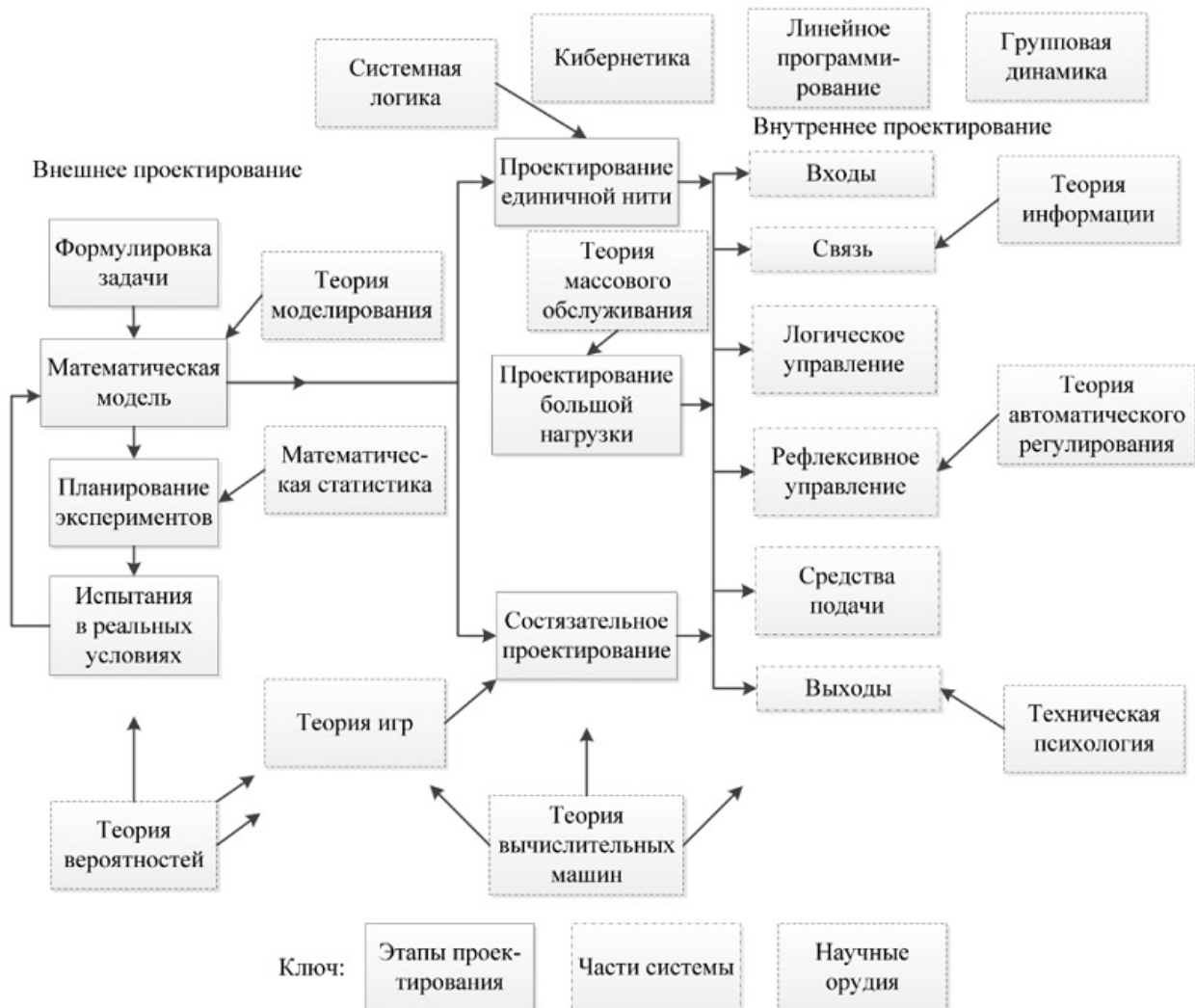


Рис. 4. Этапы проектирования системы – фаза основного проектирования

Фаза V – конструирование опытного образца (если это возможно и экономически обосновано). Цель – создание опытного образца. Фаза VI – испытание, отладка и оценка. Цель – получить подтверждение, что система работает так, как это предусматривалось и исключить неизбежные технические дефекты.

Системотехника направлена на эффективное проектирование сложной системы. Потому важно правильно определить цели системотехники:

- предоставить руководству как можно больше информации для принятия программы разработок и ее контроля;
- сформулировать планы и цели как основу для взаимной увязки отдельных проектов;
- сбалансировать программу разработок, обеспечивая продвижение по всем направлениям и добиваясь в то же время наилучшего использования кадров и других ресурсов;
- разрабатывать цели и планы для отдельных проектов и согласовывать их с долгосрочными целями, знать текущие нужды организации, смотреть вперед, чтобы предугадать будущие потребности и быть в полной готовности, когда наступит время действовать;
- быть в курсе новых идей, принципов, методов и изобретений, обеспечить наилучшее и наиболее своевременное применение новой технологии;
- выполнить каждую операцию в процессе выбора систем возможно более эффективным образом с учетом того, что требования к детализации, точности и скорости зависят от этапа процесса.

Наиболее широкое применение в России системотехника получила в строительной отрасли, информационных технологиях, системах автоматизированного проектирования. Системотехника также применяется в машиностроении, химической промышленности, медицине. Правда, во всех этих случаях лишь для автоматизации. Стоит отметить, что системотехнике особое внимание уделяет NASA. Оно выпустило, наверное, самый современный [справочник](#) по данному вопросу (2016 г.).

Практическая значимость системотехники подтверждается наличием [ГОСТа 15288-2005](#) Информационная технология. Системная инженерия. Процессы жизненного цикла систем. Хотя данные стандарты и декларируют, что они применимы для управления жизненными циклами любых систем, акцент все же делается на системы информационные.

Что касается реализации системотехники на практике, то дальше всех в этом вопросе продвинулась Toyota, у которой на первом месте находятся люди, члены команды и их знания. Такой подход значительно повышает эффективность проектирования. Он также позволяет управлять тремя основными показателями эффективности: временем, деньгами и вариабельностью. Таким образом, системотехника включает в себя не только процесс проектирования сложных систем, а охватывает все этапы их жизненного цикла. Будущее – за науками широкого профиля, универсальными командами, лидерством и непрерывным совершенствованием. Системотехника может служить базисом для всестороннего эффективного применения слагаемых успеха в качестве целостной сложной системы.

Результаты нашего анализа не подтвердили применение системотехниками статистического мышления при проектировании сложных систем. Это, на наш взгляд, выглядит странным, так как и системотехника, и статистическое мышление родом из Bell Laboratories. Здесь либо наличие статистического мышления подразумевалось по умолчанию, либо они развивались независимо друг от друга и не нашли точек соприкосновения. Как бы то ни было, но уже за стены Bell Laboratories системотехника вышла как самостоятельное направление.

### *Глава 3. Исследование операций: научный подход к принятию решений*

Исследование операций (operations research) возникло и получило признание в годы Второй мировой войны (Морз Ф.М, Кимбелл Дж.Е. [Методы исследования операций](#)). Одним из первых значимых успехов и подтверждения эффективности исследования операций можно считать обоснование целесообразности вооружения английских торговых судов зенитными установками. Командование флота считало, что это пустая трата средств, так как число сбитых этими зенитными установками самолетов пренебрежимо мало (4% от всех случаев нападения). Группа исследования операций провела анализ. Оказалось, что эффективность зенитных установок на торговых судах проявлялась совершенно иначе: в результате атак необорудованные зенитными установками суда топились в 2,5 раз чаще, чем оборудованные ими. Причина заключалась в том, что самолетам

приходилось маневрировать и уходить от обстрела. Этим примером подчеркивается также значение правильного определения критерия эффективности.

Здесь же дается первое определение исследованию операций. Под ним понимается научный метод, дающий в распоряжение военного командования или другого исполнительного органа количественные основания для принятия решений по действию войск или других организаций, находящихся под его управлением. При этом авторы настаивают на том, чтобы исследование операций было отделено от функций командования. Главным аргументом в защиту этой позиции служит следствие из определения: исследуются только количественные, т.е. измеримые характеристики и свойства операций. А при принятии окончательного решения важно учитывать много факторов, не все из которых можно выразить количественно.

Здесь операция – это организованная деятельность в любой области жизни, проводимая под руководством и по плану и имеющая характер повторяемости, т.е. многократности.

Исследование операций – это применение научных методов для решения прикладных задач. Большой вклад в него внес Рассел Линкольн Акоф. Отличительные особенности исследования операций заключаются в системном подходе, командной работе научных коллективов и применении научного метода к задачам управления. Некоторые специалисты считают, что подход Деминга и даже «бережливое производство» – это не что иное, как исследование операций под другим названием.

Определение Акоффа: Система – это совокупность элементов, удовлетворяющих условиям:

- 1) поведение каждого элемента влияет на поведение целого;
- 2) поведение элементов и их воздействие на целое взаимосвязаны;
- 3) если существуют подгруппы элементов, каждая из них влияет на поведение целого и ни одна из них не оказывает такого влияния независимо.

Следовательно, система – это такое целое, которое нельзя разделить на независимые части. Поэтому, когда система расчленена, она теряет свои существенные свойства. Систему есть целое нельзя понять посредством анализа.

Цель исследования операций – определение того, как организовать работу системы, чтобы ее функционирование обеспечивало максимальный эффект, вырабатывать соответствующие научно обоснованные решения и рекомендации по оптимальному функционированию системы на основе использования всех существующих методов анализа и синтеза (оптимизации).

Исследование операций делится на этапы:

- 1) выявление проблемы;
- 2) формирование целей и критериев;
- 3) анализ проблемы и ее полная качественная формулировка;
- 4) построение математической модели;
- 5) решение задач на модели по различным целевым функциям;
- 6) синтез оптимального решения;
- 7) принятие решения;
- 8) внедрение (реализация) принятого решения;
- 9) оценка полученного результата;
- 10) корректировка модели.

Исследование операций получило широкое применение во многих отраслях: вооруженных силах, гражданской авиации, морском транспорте, нефтяной промышленности, бизнесе, управлении государством. Что касается методологии, то преимущественно описываются математические методы моделирования, хотя изначально во главе угла стояло системное мышление.

#### *Глава 4. Кибернетика: наука неиспользованных возможностей*

Как наука кибернетика родилась в 1948 г. с выходом книги Норберта Винера [Кибернетика, или управление и связь в животном и машине](#) (на русский язык переведена в 1958 г.). Кибернетика – наука об общих законах получения, хранения, передачи и преобразования информации в сложных управляющих системах. Винер ввел понятия: черный ящик и обратная связь. *Черный ящик* – устройство, которое выполняет определенную операцию над входом, но для которого не всегда известна информация о структуре, обеспечивающей выполнение этой операции. Обратная связь –

воздействие результатов функционирования системы на характер этого функционирования. Основная идея обратной связи заключается в том, чтобы использовать сами отклонения системы от определенного состояния для формирования управляющего воздействия. Именно систему с обратной связью сегодня принято называть кибернетической системой.

Большой вклад в становление и развитие кибернетики внесли два британских ученых – Стаффорд Бир ([Кибернетика и управление производством](#)) и Росс Эшби ([Введение в кибернетику](#)). Мы считаем, что именно Ст. Биру удалось в полной мере раскрыть и донести до читателей замысел кибернетики. Бир говорил, что система есть одно из названий порядка, противоположность хаосу. Бир также аргументированно доказал, что автоматизация не панацея от всех проблем. Бир говорит, что система – это объединение элементов, образующих связанное целое, а управление – свойство, присущее любой системе. Именно это свойство позволяет рассматривать совокупность элементов как целое, отличая систему от бессмысленного набора.

Бир: «Исследование операций – мощный научный аппарат, охватывающий целую совокупность родственных методов. Кибернетика – сумма знаний, которая вполне оправданно требует признания себя как науки». Ст. Бир считает, что методологически они дополняют друг друга: первая – метод решения задач второй, а вторая – научное воплощение первой.

Бир описывает свойство систем – гомеостатичность (идея принадлежит Эшби), способность саморегулироваться. А управлять такой системой может только такое устройство (или система управления), которое обладает достаточным разнообразием. Биру приписывают следующую кривую:

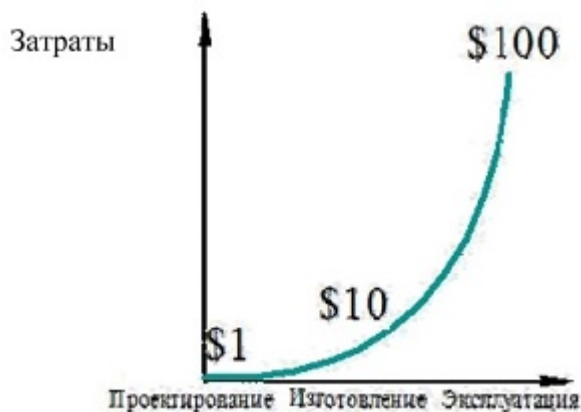


Рис. 5. Кривая десятикратного увеличения затрат

Книга Эшби – прекрасный учебник. Здесь приводятся разъяснения понятий обратная связь, устойчивость, регулирование и кодирование. В книге много задач, позволяющих закрепить прочитанное, и научиться применять знания на практике. Росс Эшби, как психолог по профессии, в качестве основной очень сложной системы рассматривает человеческий мозг.

Кибернетика неожиданно появилась и стремительно развивалась. В период с 60-х по 80-е годы прошлого столетия кибернетика стала прикладной наукой. Подтверждением этому служат замечательная книга основателя системной динамики Дж. Форрестера ([Основы кибернетики предприятия](#)) и книга немецкого экономиста Эртли-Каякоба ([Экономическая кибернетика на практике](#)). На пике популярности кибернетики проводилось множество конференций и семинаров, выпускались периодические издания и сборники. Кибернетика применялась в биологии и медицине, на транспорте, в горнодобывающей отрасли, криминалистике и уголовном делопроизводстве. Кибернетика как наука и дисциплина изучалась почти во всех технических вузах страны.

Но всё же кибернетика из науки об управлении сложными системами сначала превратилась в науку об автоматизации и искусственном интеллекте, а позже распалась на множество отдельных наук. Прямых доказательств применения методов статистического мышления кибернетиками нам обнаружить не удалось. Но в то же время стоит отметить, что многие статистические пакеты ([SPSS](#), [Minitab](#)) содержат контрольные карты Шухарта, гистограммы и т.п.

#### *Глава 5. Из чего же, из чего же, из чего же...*

Итак, каждая из представленных наук – системотехника, исследование операций и кибернетика – задумывалась как комплексная, включающая в себя множество наук, методов, подходов,



инструментов и т.д. Мы считаем, что *системотехника* определяет методы и способы наиболее эффективной организации процесса создания (проектирования и сооружения) сложных систем. С точки зрения возможности повлиять на конечный результат и изменить будущее этой системы – это самый важный этап жизненного цикла сложной системы. *Исследование операций* решает задачи совершенствования как отдельных элементов, так и самих сложных систем в целом. При этом задача создания новой системы, как правило, не ставится. *Кибернетика* взяла на себя функцию организации управления системой во всем ее многообразии. Таким образом выстраивается логическая цепочка: системотехника создает, кибернетика управляет, исследование операции совершенствует.

Кратко опишем направления, которые входят одну или несколько из представленных трех дисциплин.

**Теории вероятностей** – направление математики, занимающееся случайными событиями, их свойствами и закономерностями. Главным учебником по теории вероятностей для большинства советских и российских инженеров служит многократно переизданный учебник Гмурман В.Е. [Теория вероятностей и математическая статистика](#).

**Кодирование** – раздел теории информации, изучающий способы оптимизации передачи, хранения и обработки информации, а также ее защиты. Суть кодирования очень понятно и доступно изложена у Эшби в «Введении в кибернетику».

**Логика** – наука о правилах мышления.

**Программирование** – в широком смысле это процесс написания компьютерных программ. Но в нашем случае имеется в виду Математическое программирование, которое включает в себя теорию и методы оптимизации (см. Оптимизации).

**Техническая психология** – наука, занимающаяся процессами и средствами информационной взаимосвязи между человеком и машиной.

**Теория игр** – совокупность методов, направленная на изучение, разработку и совершенствование стратегий ведения игр. Впервые описана в Дж. фон Нейман, О. Моргенштерн. Теория игр и экономическое поведение, но мы для знакомства с предметом рекомендуем Дж.Д. Вильямс. [Совершенный стратег, или Букварь по теории стратегических игр](#).

**Теория автоматов** – раздел математики, изучающий вычислительные машины, представляющие математические модели, соответствующие задачи и методы их решения. Дж. Хопкрофт, Р.Мотвани, У. Джеффри. Введение в теорию автоматов, языков и вычислений.

**Теория графов** – раздел математики. Графы – способ представления взаимосвязи действий, в узлах указываются результаты действий, на дугах (стрелках) продолжительность действий. Родоначальник теории Л. Эйлер. Сегодня графы чаще называют *сетевой диаграммой*, или *диаграммой состояний*. Но и сами сетевые диаграммы претерпели изменения. Сейчас работы и их продолжительность указываются в узлах, а дуги отображают взаимосвязи и последовательности действий.

**Математическое моделирование** – способ описания (в нашем случае) сложных систем на языке математики. С развитием информационных технологий математическое моделирование становится основным инструментом во всех отраслях.

**Оптимизация** – процесс поиска наиболее эффективного решения для системы. Д. Уайлд. Оптимальное проектирование.

**Теории информации** – раздел прикладной математики, изучающий информацию, способы измерения ее количества, передачи, обработки, хранения и преобразования. А.Н. Колмогоров. Теория информации и теория алгоритмов.

**Теория связи и теория обратной связи.** Теория связи – иное название теории информации. Это название появилось благодаря революционной для своего времени статье К. Э. Шеннона Математическая теория связи. Обратная связь – основа управления системой в кибернетике. Именно систему с обратной связью называют кибернетической.

**Семантика** – основанный на факторном анализе метод обработки информации, направленный на поиск взаимосвязи между терминами и понятиями, используемыми в разных источниках. Формализация используемой терминологии позволяет ее классифицировать и статистически

обрабатывать. Семантика лежит в основе Байесовской теории смыслов (см. В. Налимов. Вероятностная модель языка). Без семантики невозможно было бы создать современные поисковые системы.

**Системный анализ и аналитические методы** – комплекс научных методов, позволяющих установить элементы системы и структуру связей между ними, а также свойства этих элементов по отдельности и их взаимодействия. Э. Квейд. Анализ сложных систем

**Теория алгоритмов** – совокупность методов и подходов к изучению свойств и закономерностей алгоритмов и формальные методы их представления. Алгоритм – это описание порядка действий (инструкции) для получения желаемого результата.

**Биомеханика** – раздел биологии, изучающий механические свойства живых организмов, отдельных органов, систем органов. Это направление представляет особый интерес с точки зрения физического, непосредственного управления сложными системами и нахождения людей в них. Здесь, кстати, появляется еще одно понятие - киборг - кибернетический организм, который представляет собой живой организм с машинными элементами или даже наоборот.

**Теория выборок и теория малых выборок** – раздел математической статистики.

**Групповая динамика** – направление психологии, изучающее закономерности и процессы взаимодействия внутри групп людей, а также все этапы их жизненного цикла: образование, функционирование, развитие, стагнацию, регресс, распад. К. Левин. Динамическая психологи.

**Метод PERT и метод критического пути.** Program (Project) Evaluation and Review Technique, PERT – технология оценки и анализа программ и проектов. PERT – комплекс способов анализа задач, требующихся для реализации проекта, прежде всего управления временем. PERT создан для военных в 1958 г. в США, потому все остальные критерии носят пусть и немаловажный, но все же вторичный характер. Самым популярным инструментом PERT служит Метод критического пути, который предназначен для составления расписания и управления сроками. Для его использования чаще всего строят сетевые диаграммы.

**Метод наименьших квадратов** – математический метод минимизации суммы квадратов отклонений от искомой функции. Применяется для отыскания параметров аппроксимирующей функции.

**Метод проб и ошибок** – эмпирический метод поиска правильного решения путем проведения некоторого числа экспериментов, исключая неверные решения, до нахождения верного. Метод проб и ошибок часто упоминается в литературе по теории решения изобретательских задач, например, в книге [\(Г.С. Альтшуллер. Найти идею\)](#).

**Мозговой штурм** – метод оперативного поиска решения проблем путем обсуждения и совместной оценки всевозможных реальных и фантастических вариантов. Он популярен и потому изучается во многих учебных заведениях.

**Принцип суперпозиции** – один из общих законов физики, гласящий, что поведение сложной системы можно описать путем описания поведения всех ее элементов. Реализовать это на практике практически не представляется возможным. Все же для некоторого упрощения описания систем часто применяется.

**Теория принятия решений** – направление, изучающее принципы и закономерности принятия людьми решений в различных условиях и при наличии у них разного рода и объема информации. Как правило, речь идет о поиске оптимального решения. Орлов А.И. Теория принятия решений.

**Проектирование систем** – процесс определения элементов систем и их взаимосвязи, а также определения требуемых ресурсов для ее создания, способов управления и существования на всех этапах жизненного цикла.

**Планирование эксперимента** – раздел прикладной статистики, занимающийся планированием и организацией экспериментов с целью минимизации их числа без потери достоверности их результатов. [Юрий Адлер. Введение в планирование эксперимента.](#)

**Регрессионный анализ** – статистический метод определения функции взаимосвязи между независимыми переменными (факторами) и зависящими от них переменными (откликами). [Конрад Карлберг. Регрессионный анализ в Microsoft Excel.](#)

**Реинжиниринг** – пересмотр основ системы и ее перепроектирование. Реинжиниринг популярен в бизнесе благодаря книге Хаммер М., Чампи Дж. Реинжиниринг корпорации.

**Теория систем** (общая теория систем), разработанная [Л. фон Берталанфи](#) теория, изучающая общие свойства систем. По сути, кибернетика, исследование операций и системотехника.

**Теория статистических решений** – общая теория проведения статистических наблюдений, их обработки и использования. Теория статистических решений очень близка теории игр. Моррис де Гроот. Оптимальные статистические решения.

**Статистика, статистические методы** – система математических методов, использующихся для сбора количественной информации, обработки и принятия на их основе решений.

**Творческое мышление** – способность человека мыслить вне рамок и шаблонов и в результате создавать что-то качественно новое, ранее неизвестное.

**Тектология** – отечественная альтернатива кибернетике, разработанная ученым-экономистом А. А. Богдановым в 20-х годах XX в., и представляющая собой всеобщую организационную науку.

**Теория спроса (и предложения), или закон спроса и предложения** – сформулированный А. Маршаллом экономический закон, согласно которому, при прочих равных условиях увеличение цены приводит к падению спроса и росту предложения.

**Теория запасов** – совокупность методов и подходов к изучению закономерностей образования, создания запасов и нахождению способов оптимального управления запасами.

**Теория массового обслуживания, или теория очередей** – раздел теории вероятностей, осуществляющий поиск оптимального порядка обслуживания потребителей на основе изучения текущих и прошлых объемов потребления, а также длины очередей.

**Теория матриц** – направление математики, изучающее способы применения матриц для решения задач теории дифференциальных уравнений, математической экономики, теории вероятностей и других направлений.

**Теория машин (и механизмов)** – научная дисциплина о методах изучения, создания, функционирования и проектирования машин (и механизмов).

**Теория прогнозирования** – комплекс научных методов, используемых для предсказания.

**Эволюция** – процесс постепенного развития без резких скачков.

Мы кратко описали элементы системотехники, исследования операций и кибернетики. Видно, что процесс создания сложных систем требует глубоких знаний во многих областях науки. Но в этом перечне не хватает методов статистического мышления.

### *Глава 6. Лидерство и командная работа*

Рассмотрим применение статистического мышления при проектировании, создании и управлении сложными системами с точки зрения теории глубинных знаний Деминга, включающей:

1. Понимание системы.
2. Некоторые знания о теории вариабельности.
3. Элементы теории познания.
4. Некоторые знания в области психологии.

Первая часть – понимание системы – раскрыта в системотехнике, исследовании операций и кибернетике, которые представляют собой сложные науки, включающие в себя целый ряд дисциплин и даже самостоятельных наук. Системотехнику, исследование операций и кибернетику стоит рассматривать не как отдельные направления со схожими элементами, а как одну целостную и единую науку по проектированию, созданию, совершенствованию и управлению сложными системами.

Вторая часть – некоторые знания о теории вариабельности – является основой методов статистического мышления. Третья часть – элементы теории познания – включает в себя обоснование применения теории для принятия практических решений и непрерывного развития знаний об управляемой системе и ее взаимосвязи с внешним миром. Четвертая часть – некоторые знания в области психологии – подчеркивает роль людей, командной работы, лидерства, потребителей и

иных заинтересованных сторон. Деминг утверждал, что все части системы глубинных знаний важны и не работают друг без друга. Именно поэтому мы решили последнюю часть обзора посвятить лидерству и командной работе.

Одно из условий командной работы – доверие. Доверие позволяет сэкономить финансовые, материальные и временные ресурсы за счет отказа от контроля и упрощения коммуникаций (транзакций), и служит фундаментом команды. В команде управление понимается не как принятие решений сверху вниз, а как координация деятельности всех участников в желаемом направлении.

Особое внимание стоит уделить институту наставничества. В Toyota у каждого сотрудника есть наставник – консультант, с которым он может при необходимости советоваться по любому вопросу и работать над самосовершенствованием.

Бестселлером по вопросам эффективности людей, как лидеров, так и членов команды, служит книга Стивена Кови [Семь навыков высокоэффективных людей](#).

Команда – это люди. А людей нужно мотивировать. Современный и интересный взгляд на мотивацию при выполнении творческой, умственной, а не физической работы дает Дэниел Пинк в книге [Драйв. Что на самом деле нас мотивирует](#). Вообще, внутренняя мотивация куда важнее внешней. В этом случае работа становится наградой сама по себе, а человек переходит в состояние потока, см. Михай Чиксентмихайи. [Поток: Психология оптимального переживания](#).

Люди намного более разносторонни, чем это требуется их профессией. Ярким примером этому служит Ричард Фейнман – нобелевский лауреат, добивавшийся успехов во всем, чем начинал заниматься ради удовлетворения своих интересов (Ричард Фейнман. [Вы, конечно, шутите, мистер Фейнман!](#)). Но в некоторых случаях кроме способностей и желаний нужен опыт – долгая работа над развитием своих навыков (в среднем – это 10 000 часов).

В любом случае творческая работа всегда сводится к принятию решения. Как оказалось, наш механизм принятия решений не всегда работает рационально (Даниэль Канеман. [Думай медленно... решай быстро](#)).

Доктор Деминг одним из главных мотиваторов считал возможность сотрудника, члена команды, гордиться результатами своего труда (Уильям Деминг. [Выход из кризиса](#)). Таким образом, люди являются самыми сложными элементами сложных систем, и вопросы менеджмента выходят на первый план, и их, по-нашему мнению, нельзя решить без теории глубинных знаний Деминга.

### *Заключение*

Нам не удалось найти доказательства, что концепция глубинных знаний Деминга и статистическое мышление заняли должное место в управлении сложными системами на всех этапах их существования. Поскольку самая важная составляющая сложных систем – люди, управление сложными системами – это задача менеджмента, в основе которого лежит непрерывное совершенствование всех аспектов деятельности. Но менеджмент невозможен без предсказания, которое делается на основе анализа стабильности процесса с помощью контрольных карт Шухарта (теория вариабельности), с учетом системы и ее окружения (теория систем), после чего мы проверяем свои предсказания, работая по циклу Шухарта-Деминга, который дает практическую реализацию теории познания, и все это неразрывно связано с тем, как мы принимаем решения, т.е. с психологией человека.

Таким образом, главный вывод, к которому мы пришли в процесс подготовки данного обзора, выглядит следующим образом: дальнейшее успешное развитие теории и практики сложных систем будет в сильной степени зависеть от того, насколько широко и полно система глубинных знаний Деминга будет интегрирована в систему обучения, воспитания и подготовки специалистов.