

Анатолий Левенчук

СИСТЕМНОЕ МЫШЛЕНИЕ 2022

УЧЕБНИК

*Рекомендовано Русским отделением INCOSE
(Международный совет по системной инженерии)
для использования в высших учебных заведениях*

2022

УДК 82-3
ББК 84-4
Л35

Левенчук Анатолий

Л35 Системное мышление : Учебник / Анатолий Левенчук. —
Бостон-Ульдинген-Киев: Проект «Баловство», Толиман,
2022. — 794 с.

Системное мышление помогает бороться со сложностью в инженерных, менеджерских, предпринимательских и культурных проектах: оно даёт возможность думать по очереди обо всём важном, но при этом не терять взаимовлияний этих по отдельности продуманных моментов. Содержание данного учебника для вузов базируется не столько на традиционной академической литературе по общей теории систем, сколько на современных международных стандартах и публичных документах системной инженерии и инженерии предприятий.

УДК 82-3
ББК 84-4

ISBN 978-1-62540-081-9



Заказать еще один экземпляр этой книги
с доставкой в любое место на планете:
balovstvo.me/sys-thinking

Проект «Баловство»: Игры с материальной культурой

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. О мышлении	21
Перед тем, как заняться системным мышлением	21
Особенности подачи учебного материала	23
Разные мышления	26
Требования к мышлению	29
Заменяет ли системное мышление прикладное мышление?	33
Место системного мышления среди других мышлений: интеллект-стек	34
Готовность к (мыслительному) действию	46
Варианты системного мышления	51
Системная инженерия	59
Системность и систематичность	67
Наш вариант системного подхода	70
Основные понятия системного подхода	73
Терминология	76
Слова-термины важны и не важны	80
Определения: гробик для умершей мысли	82
Как выбирались термины для нашей книги	87
Формальность системного мышления	91
Системное творчество	94
Предметные специализации системного мышления	95
Можно ли научить мышлению?	99
Метанойя	103
Стадии обучения мышлению	107
Особенности решения учебных задач по системному мышлению	113
Переход к использованию мышления	117
Искушение сложностью	121
Сколько времени нужно, чтобы освоить системное мышление?	123
Применимость/прикладность системного мышления	125

2. Воплощение и описание системы	127
Воплощение, описание и документация системы	127
Описания	133
Как договориться: не обобщать, а конкретизировать	136
Отношение состава	139
Отверстия	145
Работы и действия	146
Не злоупотребляйте процессами-системами	150
Компьютерные программы	152
3. Роли	164
Машинка типов	164
Ролевые объекты/роли и игра по роли/функция/ назначение в окружении	166
Аристотелевская физика в системном мышлении	169
Физические и функциональные объекты	173
Второе поколение системного подхода	176
Методология: агенты, намерения, стратегии, планы, роли, предметы интереса, предпочтения	178
Методологическое моделирование	181
Роли аналитиков и инженеров. Должности	186
Внешние и внутренние проектные роли	190
Культурная обусловленность проектных ролей	196
Театральная метафора	204
Мышление о людях: прежде всего они исполнители ролей	207
Предметы интереса и интересы/важные характеристики и предпочтения	214
Не склеивайте важную характеристику и предпочтение	219
Методы описания из CPS PWG Cyber-Physical Systems (CPS) Framework	223
Разговаривайте не с людьми, разговаривайте с ролями	225
Позиция	229
Лидерство	234
Внешние и внутренние роли	237
Организационные места, организации, оргзвенья	242

Начальники: это джокеры, ожидайте от них исполнения любых ролей	244
Звание и уровень мастерства	248
Сколько всего проектных ролей	251
Ошибки в определении ролей	254
4. Системные уровни	260
Не всё системы, что ими называют	260
Системное разбиение	263
Эмерджентность и мета-системный переход	268
Редукционизм	275
Синергия: это не системный эффект, это не эмерджентность	278
Целевая система и коллективное системное мышление	279
Как изображать системные уровни, как называть входящие в них системы	283
Системные уровни в системной инженерии. Пример вычислительной техники	286
4D системность: паттерны в пространстве, времени, формы и ритмы	289
Системные уровни выделяются вниманием. Пример социальных танцев	293
Интеллект-стек: системные уровни интеллекта	306
Системы создания	310
Наша система	312
Рекурсивное применение системного мышления: рекурсивное управление вниманием	315
Диаграмма сути системного мышления	321
Потребности, требования, ограничения	323
Примеры системной терминологии	329
Разделение труда и системные уровни	336
Системы систем	338
Люди в системах	341
Государственное строительство и госпроекты	346
Будущее и ведущая дисциплина предпринимательства ..	353
Одинаковость мышления для простых и сложных систем	355

Сложность и меры сложности	358
5. Целевая система и её надсистема	362
Сначала найти целевую систему	362
Целевая система зависит от того, кто её ищет	365
Системы-продукты и сервисы систем создания	370
Пример парикмахерской как сервис-провайдера	373
Сервис-ориентация. Мир провайдеров.	377
Примеры сервисов и их провайдеров	382
Ты — член команды	393
Признаки целевой системы	398
Принцип почтальона	406
Частые ошибки в выявлении целевой системы	408
Именование системы	413
Надсистема: её тоже нужно найти!	416
Системный подход: для всех видов систем, не только для целевой	421
6. Как описывать системы	427
Трансдисциплинарность системного мышления	427
Четыре основных вида разбиения системы	429
Функциональный анализ и модульный синтез	434
Одна система, но множество описаний, множество имён: это нормально!	437
Альтернативные варианты основных видов разбиения системы на части	441
Несовпадение функционального и конструктивного разбиений системы	445
Создание архитектуры: функциональный анализ и модульный синтез	450
Альфы и артефакты/продукты	456
Яблоки из жизни, яблоки из задачи	461
Альфы	466
Системное описание	473
Проектные роли и описания системы	479
Подальфы	484
Отличия предмета интереса от метода описания	491

7. Системное моделирование	495
Описания и методы описания, модели и мета-модели ...	495
Мульти-модель и трансдисциплинарность	500
Метод описания и мега-модель	509
Понятие конфигурации	511
Функциональные описания: принципиальные схемы и сценарии	514
Модульные/продуктные/конструктивные описания	523
Платформы и технологические стеки	529
Функциональность и мастерство владения предметной областью	539
Оргзвенья	546
Необходимость хорошей модульности	550
Борьба со сложностью в мышлении	553
Инженерия предприятия, не-инженерии	556
8. Требования и архитектура	558
Требования как подальфа системного описания	558
Два понимания термина «требования»	560
Требования и системное разбиение	564
Целеориентированная инженерия требований	567
Проверка и приёмка	571
Понятие архитектуры	573
9. Не жизненный не цикл	581
Биологический жизненный цикл	581
Жизненный цикл системы 1.0: работы, меняющие состояния целевой системы	583
Выполнение работ оргзвеньями	591
Изображение жизненного цикла как работ (ЖЦ 1.0)	596
Жизненный цикл проекта	600
Проблемы с жизненным циклом 1.0	606
Практики	609
Жизненный цикл 2.0	616
Эксплуатация как выделенная стадия жизненного цикла	626
Цепочки создания	630
Три времени жизненного цикла	632

Понятие практики	635
Управление жизненным циклом, архитектура предприятия и операционный менеджмент	640
Дисциплина практики	644
Технология поддержки практики	649
Совершенствование и развитие	653
Практики жизненного цикла	655
Пример: практики жизненного цикла системной инженерии	660
Методологии	663
10. Вид жизненного цикла	668
V-диаграмма	668
Моделеориентированность в жизненном цикле	673
V-модели как модель декомпозиции системы	681
Гибридные модели жизненного цикла	683
Уход от «водопадов» с гейтами	685
Ещё раз про управление работами и управление жизненным циклом	687
Виды практик управления работами	690
Гибкие методологии управления жизненным циклом и управление кейсами для управления работами.	693
Тренды в практиках управления работами/ операционного управления	699
За пределами жизненного цикла	703
Жизненный цикл как архитектура деятельности	706
11. Системная схема проекта	710
Диаграмма системной схемы проекта	710
Современное понятие проекта	711
Предпринимательская, инженерная, менеджерская области интересов	713
Альфы — общий объект отслеживания команды	716
Альфа возможности	720
Альфа внешних проектных ролей	724
Альфа описания системы	727
Альфа воплощения системы	730

Альфа работы	732
Альфа команды	734
Альфа метод	736
За чем следить в проекте	739
Состояния альфы и артефакты/рабочие продукты	742
Как работают с системной схемой проекта	745
Подальфы	747
Адаптация системной схемы проекта к предметной области предприятия: пример проекта учебного курса ..	749
V-диаграмма и системная схема проекта	759
Цифровые двойники: ещё больше подальф как объектов отслеживания	763
Диаграмма основного жизненного цикла	766
Модели зрелости и модели готовности технологий	772
Системные практики	776
Итоговое эссе	780
Что дальше	790



Системное мышление помогает бороться со сложностью в самых разных проектах: оно даёт возможность думать по очереди обо всём важном, на время отбрасывая неважное, но при этом не терять целостности ситуации, взаимовлияний этих по отдельности продуманных важных моментов. Системное мышление управляет вниманием в сложных коллективных проектах, привлекая это внимание к важному и экономя время на исключении из мышления неважного. Для студентов самых разных специализаций системное мышление даёт возможность надёжно удерживать в голове и записях их проекты во всей их цветущей сложности, связать теорию и жизнь. Для опытных инженеров, менеджеров, технологических предпринимателей, людей творческих профессий системное мышление позволяет разложить их знание жизни по полочкам. Это мышление-шпаргалка, которая не позволит забыть в проектной суете что-то важное и не даст потеряться в ещё более сложных проектах.

Это не учебник/курс системной аналитики, ибо системному синтезу в нём уделено не меньше внимания. Это по необходимости и учебник методологии, учения о том, как организована человеческая деятельность. В учебнике/курсе даётся также некоторый трудовой кругозор: показано, как системное мышле-

ние кладётся в основу инженерного, менеджерского, предпринимательского труда.

Пользование учебником/прохождение курса подразумевает некоторый опыт участия в сложных коллективных проектах из реальной жизни (не простых «учебных проектах» на одного человека!), опыт столкновения со сложностью в жизни лицом к лицу — у изучающего системное мышление «сложность» относится главным образом к жизни, а не к теории, которая слабо привязывается к жизненным ситуациям. Ещё учебник предполагает от читающих его знание английского языка. Сам текст книги на русском, но много ссылок даётся и на англоязычные материалы.

Причины и следствия в жизни часто довольно удалены друг от друга в пространстве и времени. Чтобы справиться с этим, требуется какое-то выходящее за пределы отдельных прикладных теорий, трансдисциплинарное мышление. Учебник системного мышления как раз про такое мышление, которое предотвращает глупые уже известные человечеству ошибки невнимания к действительно важному при попадании в реально сложные ситуации. Системное мышление подскажет, что именно реально важно, подскажет как это важное описать, не даст про это забыть.

Учебник прокладывает для мышления определённые «рельсы», которые позволяют после некоторой тренировки быстро и автоматически оценивать ситуацию в реальных коллективных проектах. Системное мышление позволяет лишний раз не «изобретать велосипед» по борьбе со сложностью, вместо трудного и медленного «мыслительного бездорожья» происходит лёгкое и быстрое «мышление по рельсам», беглое задействование лучших придуманных цивилизацией приёмов мышления. Часть того, что для других людей покажется творчеством, для системно мыслящего человека — это беглое применение мыслительных шаблонов, экономящее время для неизбежного реального творчества в ситуациях, когда человечество ещё не придумало, как решать какой-то класс задач. Как математики не изобретают каждый раз идею интеграла, так и системные

мыслители не изобретают каждый раз идею различия потребностей и требований, идею жизненного цикла и ещё пару десятков других полезных идей.

Основная задача учебника — компактно собрать в одном тексте и объяснить «мыслительный минимум» по системному мышлению, обычно рассыпанный по самым разным источникам знания. Специфика этого учебника в том, что его содержание базируется не столько на традиционной академической литературе по общей теории систем или традиционных учебниках для менеджеров, сколько на международных стандартах и публичных документах системной инженерии и инженерии предприятий, разработанных или обновлённых за последние пять-шесть лет. Это прежде всего ISO 15288, ISO 42010, ISO 15926, IEC 81346, OMG Essence.

Учебник/курс подготовлен на основе девятилетнего опыта преподавания системного мышления как в многочисленных вузах, так и в системах повышения квалификации инженеров и менеджеров, в том числе и особенно в Школе системного менеджмента¹, где автор является научным руководителем. В дополнение к учебнику курс содержит большое количество вопросов с авторскими ответами, а также упражнений по системному моделированию².

Изложение методологии и системного подхода даётся универсально для менеджеров, инженеров, предпринимателей, самых разных других трудовых ролей. В то же время в учебнике/курсы отсутствуют материалы по традиционным курсам системной инженерии, системному менеджменту, предпринимательству. Для получения полноценного трудового кругозора нужно проходить отдельные курсы. Нельзя считать, что можно при помощи системного мышления решать задачи системной инженерии, системного менеджмента и предпринимательства,

¹ <http://system-school.ru/>

² <https://system-school.ru/systems-thinking>

опираясь только на него, но без обращения к знаниям по инженерии, менеджменту, предпринимательству. «Как мне быть в моём проекте вот с такой проблемой» обычно решается с помощью системного мышления, организующего применение мастерства в инженерии, менеджмента, предпринимательства и других трудовых практик, но не заменяющего его. Системное мышление не эквивалентно понятию «интеллект», это только одна из семнадцати мыслительных практик, составляющих интеллект: трудовой кругозор (инженера, менеджера, предпринимателя), системное мышление, экономика, методология, риторика, этика, эстетика, исследования, объяснения, логика, алгоритмика, онтология, теория понятий, теория информации, семантика, собранность, понятизация. Чтобы усилить свой интеллект, нужно проходить курсы не только по системному мышлению, но и по всем этим дисциплинам. И ещё нужны курсы по отдельным прикладным практикам, жизненное мастерство включает ещё и умение делать какую-то конкретную работу, а не только хорошо мыслить без глубокого погружения в какую-то предметную область.

Текст был фактически переписан в шестой раз: два первых варианта были в 2014 и 2015 году для курса «Системноинженерное мышление», затем уже «Системное мышление» с обобщением для инженерного, менеджерского и предпринимательского труда вышла в феврале 2018 года в Ridero (и одновременно вышел курс в Coursera), четвёртая переработка была в июле 2019 года (было вписано порядка 120 новых страниц и упрощена терминология), и был открыт онлайн-курс¹ в Школе системного менеджмента. Пятая переработка была в августе 2020 года, в ней был учтён опыт ведения занятий и выхода книги и курса «Образование для образованных 2020», где уточнено положение системного мышления в общем интеллект-стеке с другими трансдисциплинами. Нынешняя шестая версия гармонизирована

¹ <https://system-school.ru/systems-thinking>

по содержанию с «Образованием для образованных 2021»¹, и опять упрощена терминология и внесены изменения. Поправлены термины обеспечения/создания, предмета интереса как важной характеристики, к деятельности/практике добавили синонимом-с-нюансами труд, подсказано про аннотирование типов и дана для этого нотация ::, добавлено про агентов и актёров, стало теперь четыре основных разбиения системы вместо трёх (добавлено стоимостное), добавлен раздел про паттерны/ритмы во времени, упоминается цифровой двойник, приведены примеры адаптации материала для неинженерных проектов, упоминается подход активного обновления/active inference.

В учебнике принят способ изложения, в котором материал повторяется несколько раз в разных местах текста — с разным уровнем подробностей. Принцип «сказано один раз в одном месте» намеренно не соблюдается. Это увеличивает объём текста, но заметно облегчает понимание и запоминание материала за счёт интервального повторения. И всё же текст учебника почти вдвое короче вполне посильного для многих поколений школьников романа «Война и мир», в котором 1300 страниц: если он кажется слишком длинным и сложным, то мы рекомендуем пройти подготовительный курс «Системное саморазвитие»², в котором помогают стать собранным, чтобы справляться с курсами по усилению интеллекта. Не будет лишним пройти предварительно и курс «Онтологика и коммуникация 2021»³.

Учебник/курс предназначен для использования в коротких и интенсивных курсах (обычно это семестровый курс в вузах, или двух-трёхдневный тренинг с решениями задач в системе дополнительного образования, или примерно двухмесячный онлайн-курс), но вряд ли он пригоден для самообразования, ибо понять системное мышление по учебнику можно, но вот связать

¹ https://ridero.ru/books/obrazovanie_dlya_obrazovannykh

² <https://system-school.ru/introonline>

³ <https://system-school.ru/united>

знания учебника с рабочими проектами будет трудно, нужен тренинг в разборе рабочих проектов под присмотром преподавателя/ментора. Предлагаемая последовательность обучения такова:

1. Внимательное чтение материала, понимание содержания. Это даст состояние «я прочёл учебник по езде на велосипеде, наверное, могу ездить».

2. Решение тренажёрных заданий онлайн-курса¹. Это даст начальную беглость мышления в части использования отдельных понятий при решении уже поставленных и сформулированных задач, но не при столкновении с реальными проектами, в которых задачи для системного мышления сначала нужно поставить и явно сформулировать (найти в жизни объекты тех типов, которые даются в учебнике), и только потом уже решать.

3. Опыт отождествления материала книги и реальной жизни, т.е. тренинг постановки и решения собственных задач на «живых» (рабочих, а не учебных) проектах участников учебной группы. Это flip teaching: преподаватель не объясняет материал на занятиях (вместо него отлично справляется учебник), но помогает связать материал с жизнью на реальных рабочих примерах.

В этой последовательности обучения мы опираемся на концепцию смешанного обучения (blended learning), в которой чередуются самостоятельная работа обучающихся с видеолекциями и учебниками, решение задач на компьютерных тренажёрах, а также очная работа с преподавателем/консультантом над возникающими вопросами, в том числе и обсуждение рабочих (не учебных!) проектов.

Обычно решение задач и живое обсуждение проектов с преподавателем/консультантом приводят к желанию повторно пройти курс/прочитать книгу, в том числе заглядывая в дополни-

¹ задачи и упражнения по системному моделированию доступны в онлайн-курсе <https://system-school.ru/systems-thinking>

тельную литературу, на которую дано много ссылок. Однако и повторного прочтения (даже с решением задач на компьютерных тренажёрах!) обычно оказывается мало для полноценного освоения материала и умения применить его на практике. Прорыв в понимании получается тогда, когда для освоения системного мышления каждый участник учебной группы в обязательном порядке пишет эссе¹ по приложению материала книги к своему рабочему проекту по созданию какой-то системы, получая от преподавателя обратную связь на предмет ошибок понимания материала в его приложении к жизни. Это заставляет по-настоящему продумать все разделы книги в их взаимосвязи между собой и с жизнью.

Если организуется двухсеместровый курс (например, первый семестр — «системное мышление», а второй семестр идут кругозорные курсы «практики системной инженерии», или «практики системного менеджмента», или «практики предпринимательства», или даже «практики современной хореографии»), то в ходе второго семестра эссе дополняется результатами применения практик, изучаемых во втором семестре.

Идеальный вариант, это когда текст эссе далее используется в отчётных материалах по рабочему проекту. Так решается проблема совмещения «фундаментального образования» (освоение материала нашей книги) и «практического образования» (выполнение конкретных рабочих проектов — производственных или учебных) — ибо плохо будет и с попытками выполнять проекты без теории, и с попытками освоить теорию без выполнения проектов. Выполнение задач и упражнений — залог успеха проектной работы, но никакие задачи и упражнения проектную работу в обучении заменить не смогут.

Учебник вводит понятия требований, архитектуры, проверки и приёмки, конфигурации, управления работами, других

¹ Никакого «шаблона эссе» при этом не предлагается, <https://ailev.livejournal.com/1387943.html>

традиционных понятий системной инженерии и системного менеджмента, непосредственно следующих из системного подхода. Но учебник не рассказывает о том, как разработать качественные требования и архитектуру, как тщательно провести проверку и приёмку системы, то есть книга не содержит описания практик современной моделиориентированной системной инженерии, системного менеджмента, системного предпринимательства (хотя и содержит отсылки к соответствующей литературе). Изучение каких-то практик даже на кругозорном уровне обычно требует дополнительных долгосрочных усилий, но этому изучению должно предшествовать знакомство с системным мышлением.

То же можно сказать про менеджмент и предпринимательство: учебник вводит множество связанных с ними понятий (от «плана работ» до «стратегии»), но ничего не говорит о том, как их разработать — эти практики разъясняются в других материалах, других курсах. Но для того, чтобы разобраться с этими практиками, а также с тем, как они сочетаются между собой, требуется знакомство с системным мышлением. Читатели предыдущих версий учебника неоднократно замечали, что после знакомства с системным мышлением учебники других инженерных, менеджерских, предпринимательских и даже творческих (например, хореография, спорт) дисциплин становятся понятней, и становится ясней взаимоувязанность разных дисциплин в сложном проекте.

После освоения материала книги по системному мышлению продолжать образование можно в двух противоположных направлениях:

- «дьявол в деталях»: углубиться в изучение отдельных инженерных, менеджерских, предпринимательских, творческих дисциплин, то есть изучать отдельные прикладные практики. Это традиционное обучение инженерии, менеджменту, другим специальностям в их связи с реальной жизнью. Системное мышление позволит удерживать целостность изучаемого набора круго-

зорных и прикладных практик, а также переносить накопленный опыт из проекта в проект. Это образование практического инженера, менеджера, предпринимателя, деятеля искусств и т.д.: человека, который овладел системным мышлением и использует его для изменения мира к лучшему.

- «ангел в абстракциях» («знание принципов освобождает от знания фактов»): обобщить предлагаемое системное мышление с целью поднятия беглости в использовании его приёмов и распространения его на самые разные виды систем — для экспансии системного мышления на новые практики, новые классы систем (например, системы машинного обучения и искусственного интеллекта, системы из молодёжных субкультур и т.д.). По этому направлению можно углублять свои знания мыслительных трансдисциплин интеллекта. Это образование человека, который занимается бесконечным познанием, бесконечным развитием.

Активное участие в подготовке материала книги приняли преподаватели, аспиранты и студенты кафедры технологического предпринимательства МФТИ, преподаватели, студенты и выпускники Школы системного менеджмента. Без их активного участия этот курс/учебник вряд ли был создан.

Большое спасибо за принципиальные вопросы, получившие отражение в книге, учебным программам по системной инженерии в УрФУ, МФТИ, МИФИ, МИРЭА-РТУ. Материалы книги неоднократно обсуждались на заседаниях Русских отделений INCOSE и SEMAT, автор выражает благодарность членам этих международных организаций за многочисленные замечания и предложения. Много ценных замечаний было представлено читателями блога автора (<http://ailev.livejournal.com>, трансляции блога есть в телеграме, фейсбуке, вконтакте, фрифиде), учтены замечания десятков бета-тестеров.

Ваши замечания и предложения по поводу следующих версий книги/курса присылайте Анатолию Левенчуку (ailev@asmp.msk.su).

Для книги/курса есть чат поддержки в телеграм: https://t.me/systemsthinking_course

1. О МЫШЛЕНИИ

ПЕРЕД ТЕМ, КАК ЗАНЯТЬСЯ СИСТЕМНЫМ МЫШЛЕНИЕМ

Человечество вырвалось из царства природы. Масса всех людей сегодня составляет 300 миллионов тонн, это вдвое больше массы всех позвоночных, которые существовали на Земле до появления человеческой цивилизации. Техносфера (вещество, переработанное людьми под свои нужды) может быть оценена в 30 триллионов тонн, это больше 50кг на каждый квадратный метр поверхности земли¹.

И всё это за счёт того, что человечество в своё распоряжение получило интеллект, чья функция — мышление, направленное на решение новых и новых классов задач, бесконечное развитие.

Системное мышление — это только одна из многих мыслительных практик, которым следует современный человеческий человеко-машинный интеллект (люди думают сегодня уже не столько с помощью ручки-бумажки, сколько с помощью компьютера). Вот эти практики: труд (в его инженерном, менеджерском и предпринимательском изводах), **системное мышление**, экономика, методология, риторика, этика, эстетика, исследования, объяснения, логика, алгоритмика, онтология, теория понятий, теория информации, семантика, собранность, понятизация. Эти мыслительные практики в их современном состоянии мы

¹ Zalasiewicz и др., «Scale and diversity of the physical technosphere», Zalasiewicz и др., <http://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/2053019616677743>

называем интеллект-стеком, подробнее об этом можно узнать в курсе «Образование для образованных 2021»¹.

Перед тем, как заняться изучением системного мышления, нужно понять общие требования к мышлению (не только системному! К другим мыслительным практикам тоже!), а затем рассмотреть место системного мышления в ряду других мышлений, других мыслительных практик интеллект-стека. Также нужно ответить на вопрос: чем отличается системность и систематичность. А ещё в мире существует много вариантов системного мышления, и нужно понять, какой вариант выбран для нашей книги/курса.

Дальше будет некоторое количество замечаний, как относиться к терминологии в нашей книге (слова-термины важны, и не важны!), понять уровень формальности системного мышления, и понять, не мешает ли системное мышление творчеству (в учебнике же приведены шаблоны эффективного мышления, которые отлично работают, но может ли быть «творчество по шаблону»?).

Ещё нужно ответить на вопрос: можно ли научить мышлению и какие стадии обучения мышлению? Сразу скажем, что наша книга как учебник езды на велосипеде: чтение книги многое вам расскажет про системное мышление, но не факт, что после прочтения книги вы станете системным мыслителем. Нужна практика! Даже решение задач по системному мышлению имеет свои особенности. А после обучения нужно ещё и перейти к использованию мышления в реальной жизни, это ещё труднее, чем научиться решать задачи.

И только после рассказа обо всём этом в следующей главе мы начнём изучать основные понятия системного мышления и других мыслительных практик (прежде всего онтология и методология), без которых системное мышление оказывается невозможно.

¹ Курс <https://system-school.ru/uptodate>, книга https://ridero.ru/books/obrazovanie_dlya_obrazovannykh

ОСОБЕННОСТИ ПОДАЧИ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Наша книга/курс — это не справочник или монография. Это учебник. В учебнике этом есть новации образовательной формы, которые могут вызвать удивление у незнакомого с ними студента:

- Используются принципы «разнесения» (spacing) и «перемешки» (interleaving). В тексте идёт постоянное возвращение к каким-то темам через разные промежутки времени (spacing), одновременное обсуждение винегрета из трёх-четырёх тем (interleaving) вместо строго последовательного их изложения. Последовательного изложения тем, группировки нескольких примеров на одну тему (в образовании это blocking), как это обычно делается — этого нет намеренно! Студенты интуитивно считают, что упорядоченное сжатое изложение материала по одной теме (blocking) и легче в восприятии, и лучше для последующего вспоминания. Но **эксперименты показывают, что перемешка (interleaving) и перерывы в подаче темы (spacing) замедляют обучение, ибо более трудны в восприятии, но зато существенно улучшают результаты обучения**¹.

- некоторые фрагменты текста повторяются в довольно похожих формулировках, иногда через пару абзацев, а иногда через десяток страниц, иногда через сотню страниц. И это не один раз — некоторые мысли повторяются десятки раз! Повторения тоже намеренны, текст учитывает необходимость повторения, ибо курс обычно проходится/книга прочитывается за два-три

¹ статья, в которой этот эффект описан в экспериментах для одного из классов задач подробно, но приводятся ссылки на аналогичные эффекты и для других классов задач: M. S. Birnbaum, E. L. Bjork, R. A. Bjork, Department of Psychology, University of California, Los Angeles, «Why interleaving enhances inductive learning: The roles of discrimination and retrieval», <https://yadi.sk/i/UPRTP0DxRpw8Vg>.

месяца, и к концу изучения последних глав содержимое первых глав успевает забываться, это описывается **кривой забывания**¹. Мы понимаем, что не все решатся перечитывать учебник «для повторения», да ещё и в середине первого чтения, так что мы просто встроили немного повторения в однократное прочтение. Но мы уверены, что всё равно **будет крайне полезно прочесть этот учебник второй раз. Дело не в том, что в текст встроено мало повторений. Дело в том, что понимание при повторном чтении будет совсем другим! Опыт показывает, что второй раз учебник читается «как в первый»: вычитывается из него совсем другое.** Впрочем, этим наша книга/учебник не отличается от любых других не самых простых текстов.

- Терминология не фиксирована, в явном виде везде используются синонимические ряды. Нельзя быстро пробежаться глазами по фразе, чтобы понять её! Требуется каждый раз понимать, не какое слово написано, а какое понятие имеется в виду! Да, это тоже намеренно. В жизни вам не будут встречаться слова из учебника (не встречаете же вы в жизни «физические тела», хотя в учебнике физики речь именно о них), а в учебнике нет слов из жизни (в учебнике физики не описан полёт пустой бутылки в мусорную корзину, а описан полёт физического тела неведомо куда). Наш учебник готовит к этой ситуации. Чтение становится более медленным, но это не так плохо!

Обучение оказывается тем редким случаем, когда «разнесение», «распыление», «повторение» и нефиксированная терминология полезны для результата (но, конечно, они замедляют само обучение)!

¹ https://ru.wikipedia.org/wiki/Кривая_забывания

В курсе системного мышления (в книге этого нет, поэтому мы настоятельно советуем проходить курс¹, а не просто читать книгу) вам потребуется решать кейсы, делать упражнения, выполнять задания и давать обоснования этих решений. Не ленитесь давать обоснования! При решении задач вы поднимете беглость в использовании терминологии. Вместо «смутных ощущений» верности или неверности ответов вам придётся выразить рассуждение о верности ответа каким-то текстом, и термины перестанут «вертеться на кончике языка», но не вспоминаться. Вам пригодится эта учебная тренировка в написании обоснований, когда вы будете общаться с коллегами в рабочей ситуации.

Для усвоения материала мы не советуем писать конспекты/изложение материала учебника, не советуем использовать подчёркивание отдельных фраз — это студенческие легенды про то, как надо учиться, но это бесполезно и никак не улучшает усвоение материала. Мы советуем писать короткие тексты по всем мыслям, которые пришли к вам в голову при чтении книги/курса, жанр «сочинения», а не «изложения/шпаргалки». Очень помогает и стимулирует публиковать эти заметки, например, в блоге. У вас же есть аккаунт в какой-то социальной сети? Вот туда и пишите. Ваши собственные мысли, собственные модели, которые вызовет чтение этой книги — это важная информация. Не теряйте эти мысли, ищите для них слова, записывайте, делитесь этими мыслями с миром. Эта образовательная стратегия мышления письмом/моделированием² очень хорошо себя зарекомендовала.

Пользуйтесь чатом поддержки книги/курса в Телеграме, не чувствуйте себя одиноким, системному мышлению учатся сегодня тысячи студентов: https://t.me/systemsthinking_course

¹ <https://system-school.ru/systems-thinking>

² <https://ailev.livejournal.com/1513051.html>

РАЗНЫЕ МЫШЛЕНИЯ

Есть два основных цивилизационных пути, условно называемых «восточным» и «западным». **Условная «восточность»** состоит в признании непостижимой сложности мира, невыразимости и непередаваемости человеческого опыта в постижении этого мира. **Условная «западность»** состоит в опоре на рациональность. Рациональность — происходит от латинского *ratio*, означающего «причину», «объяснение», но также и «отношение», т.е. ассоциируется с делением на части, анализом. Конечно, рациональное (рассудочное, неинтуитивное, не «восточного» типа) мышление в равной мере помогает и синтезу, объединению в целое аналитически разъятого на части. Но в западной культуре исторически придаётся большое значение основанной на логике «аналитике», т.е. формализации и моделированию. Можно наблюдать результаты этого «западного» пути развития цивилизации. Именно западная цивилизация дала современные науку и инженерию, опирающийся на компьютеры менеджмент, рынок ценных бумаг как инфраструктуру предпринимательства¹.

Увы, рациональному и логическому мышлению, равно как и многим другим мыслительным практикам, применимым ко многим ситуациям решения самых разных проблем, в школе и вузе сейчас прямо не учат.

¹ Подробней про преимущества рациональности перед восточным упованием на интуицию и «непосредственное знание» см. в текстах А. Левенчука «Об членораздельное и голографическое в социологии» <http://ailev.livejournal.com/1281819.html> и «Об интуицию и чуйку» <http://ailev.livejournal.com/1295595.html>.

Сегодня среди педагогов преобладает мнение, что какому-то «хорошему» мышлению (и не спрашивайте, что это такое! Ответа у педагогов не будет!) можно научиться на основе углублённого знакомства с предметами так называемого **STEM**¹: наука, технология, инженерия, математика. К сожалению, предположения педагогов о косвенном обучении мышлению через обучение предметам STEM не оправдываются, каждой мыслительной практике нужно учить прямо, а не косвенно².

Например, если нужно учить логике, то нужно учить прямо ей, а не через информатику и геометрию, а то в школьных курсах логика осталась только в рамках изучения логических выражений при обучении программированию и в курсе геометрии, где только и остались доказательства теорем. Наша книга/курс по системному мышлению как раз призвана заполнить этот пробел, хотя и частично — системному мышлению она учит прямо, но не касается при этом многих других мыслительных практик.

¹ Определение STEM: https://en.wikipedia.org/wiki/Science,_technology,_engineering,_and_mathematics

² Лей Бао и др. показали, что умение рассуждать и тренинг в мышлении на базе какого-то набора концептов это не одно и то же, <http://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/0807/0807.2061.pdf>. Изучение физики оказывается не таким уж «выправляющим мозги» — A historically held belief among educators and researchers is that training in physics, which has a beautiful structure of logical and mathematical relations, would in general improve students' abilities in conducting reasoning that is intellectually challenging. However, the result from this study suggests that training in physics content knowledge in the traditional format alone is not enough to improve students' general reasoning abilities).

Итак (подробнее это изложено в книге/курсе «Образование для образованных 2021»¹):

- Интеллект — это мыслительное мастерство решения проблем, которые не встречались ранее ни студентам, ни их учителям. Это мыслительное мастерство познания, бесконечного решения всё более и более сложных проблем.

- Функция интеллекта — мышление. Если мы знаем, как решать какую-то задачу (не проблему! Проблема — это когда мы не знаем, как её решить!), то мы не думаем, а просто рассуждаем по известным нам правилам. Обычно такое рассуждение можно сегодня поручить компьютеру (хотя это пока ещё и очень дорого).

- Интеллект (он же — мыслительное мастерство как целое) представляет собой набор разных видов мыслительного мастерства, как вычислителей, следующих мыслительным практикам (мышление — это вычисление! Никаких «получений информации из космоса/вакуума»!). Каждая мыслительная практика содержит в себе мыслительную трансдисциплину (труд в его инженерном, менеджерском и предпринимательском изводах, системное мышление, экономика, методология, риторика, этика, эстетика, исследования, объяснения, логика, алгоритмика, онтология, теория понятий, теория информации, семантика, собранность, понятизация.) и подразумевает использование какого-то инструментария, в случае мышления это раньше была ручка-булавка, а теперь чаще всего это компьютер с какими-то программами моделирования/моделерами.

- Логичности, системности, этичности, алгоритмичности и т. д. в мышлении нужно учить прямо (учебники, упражнения по этим предметам), а не «исподволь» через учебники и упражнения по другим предметам. Обучение физике не даёт знаний по семантике, логике, онтологии, системному мышлению —

¹ Kypc <https://system-school.ru/uptodate>, книга https://ridero.ru/books/obrazovanie_dlya_obrazovannykh

а без этого умнее не станешь! Трудовой кругозор нужно тоже учить, а не только получать «из опыта жизни на предприятиях», то есть «исподволь».

ТРЕБОВАНИЯ К МЫШЛЕНИЮ

Интеллект¹ как вычислитель, производящий познание/мышление (научение решению проблем, ранее никогда не встречавшихся не только студенту, но даже учителю) мы считаем состоящим из двух частей:

- Врождённый, обусловленный биологическими особенностями человеческого мозга.
- Выученный/приобретённый в ходе приобщения к человеческой культуре. Эта часть интеллекта включает в себя беглое владение в мышлении ограниченным кругом трансдисциплин, своими предметами имеющих окружающий физический мир и нас в этом мире, а также модели мира в нас и других людях и компьютерах, и рассмотрение наших действий с миром и моделями мира.

Мышление — это поведение интеллекта (то есть вычисление/рассуждение, ибо интеллект — это реализованный мозгом, или совместно работающими мозгом и компьютером вычислитель) в тот момент, когда интеллект пытается найти способы решения задач, которые раньше ему не встречались². Мы не делаем предположений о том, как устроен интеллект его физической реализации, из каких частей мозга он составляется и как именно

¹ Более подробно об интеллекте и его составляющих рассказано в книге и онлайн-курсе «Образование для образованных 2021», https://ridero.ru/books/obrazovanie_dlya_obrazovannykh, <https://system-school.ru/uptodate>.

² François Chollet, On the Measure of Intelligence, <https://arxiv.org/abs/1911.01547>

они связаны, хотя и высказываем тут догадки по составу интеллект-стека, как набору мыслительных практик, отличающих интеллект дикаря от интеллекта современного высокообразованного человека. Интеллект может быть усилен в ходе обучения, интеллект дикаря существенно ниже интеллекта образованного человека. Дикарь не сможет быстро решить и сотой части тех задач, которые сможет решить образованный человек. Ключевое слово: «быстро», ибо всегда во время решения задачи можно включить время образования, которое получил образованный человек. Если образованный человек решит задачу за 10 минут, то дикарь сможет решить задачу за 10 лет обучения плюс те самые 10 минут. **Интеллект в значительной своей части выучиваем, только небольшая часть его врождённая!** Это в существенной мере объясняет, почему высокий IQ как мера способностей биологического мозга к вычислениям/рассуждениям не так сильно влияет на результативность в бизнесе, инженерии и науке.

В ходе развития человеческой цивилизации выяснилось, каких усиливающих интеллект полезных свойств мы требуем от мышления (в том числе и системного мышления): **мышление должно быть абстрактно, адекватно, осознанно и рационально.**

Абстрактность — это главное требование, нам в мышлении нужно абстрагироваться от неважного и сосредоточиться на важном. Мышление моделирует мир, а не отражает его в полноте всех ненужных деталей. Мышление должно отделять зёрна от плевел и оперировать зёрнами. Мышление должно уметь отвязываться от индивидов и мыслить типами, прототипами, абстрактными понятиями: мы не знаем, что у мышления внутри, но требуем какого-то обобщения с опусканием ненужных для предмета мышления деталей. Нам нужна абстрактность в сложных ситуациях, мы хотим уметь планировать и проектировать впрямь, мы хотим работать с целыми классами и типами ситуаций. Без абстрагирования мы не сможем переносить опыт одних ситуаций на другие, мы не сможем эффективно учиться, мы

не сможем создавать языки, обслуживающие коллективное мышление — языки позволяют обмениваться самым важным по поводу обдумываемых ситуаций, они очищают общение от неважных подробностей.

Адекватность — это возможность проверить, связано ли наше абстрактное мышление и порождаемые им описания ситуаций с реальным миром, или оно оказалось отвязанным от вещного/физического мира и у нас нет способов проверить его результаты, соотнести его результаты с реальностью. Адекватны ли наши мыслительные представления о ситуациях реальному (т.е. существующему независимо от нас, материальному/физическому) миру? Или мышление нас обманывает и предлагает какие-то неадекватные представления? Нам нужно практичное, применимое для действия мышление, мы хотим быть адекватными и не отрываться от реальности.

Осознанность — это возможность понять, как мы мыслим, как мы рассуждаем. Если мы просто «имеем интуицию», это нас не удовлетворит. Мы не сможем научить других мыслить, научить их повторять наши рассуждения. Мы не сможем заметить ошибку в нашем мышлении, не сможем его улучшить или изменить, не сможем выучить другой способ мыслить, ибо мы его не будем замечать, не будем его осознавать. Мы не сможем удерживать внимание в мышлении, ибо нельзя удерживать внимание на том, чего не осознаёшь. Мы не сможем предъявить неосознаваемое нами мышление для проверки со стороны логики и рациональности, не сможем сознательно принять решение о том, что в той или иной ситуации нам достаточно от мышления интуитивной догадки, а не строгого рационального рассуждения. Мы хотим знать, о чём мы размышляем, как мы это делаем, мы хотим иметь возможность выбирать — мыслить нам о чём-то или не мыслить, мы не хотим быть бессознательными мыслящими автоматами. Мы хотим быть осознанными в мышлении, мы должны учитывать не только мышление, но и наличие самого мыслителя.

Рациональность — это возможность провести рассуждение по правилам, логичное рассуждение. Это возможность отстроиться от своей биологической и социальной природы, не делать связанных с этим ошибок. Рациональность — это возможность проверить результаты быстрого интуитивного мышления на отсутствие ошибок, нарушений правил, возможность задействовать опыт человечества в мышлении. Это возможность явно (хотя бы в диалоге с самим собой, то есть осознанно) обсудить эти выработанные цивилизацией правила хорошего мышления, обсудить логические основания мышления, обсудить допустимость или недопустимость использования каких-то отдельных приёмов мышления. Мы не хотим ошибок мышления, поэтому мы должны быть рациональными, мы должны уметь распознавать ошибки мышления у себя и других, мы должны уметь выразить результаты мышления так, чтобы уменьшить число ошибок при восприятии наших результатов другими людьми. Мы хотим быть рациональными, нам нужно уметь делить задачи на части (рацио — это ведь «деление»), мы не хотим чистой интуитивности или чистой эмоциональности-спонтанности, хотя мы не отрицаем их необходимости, но нам прежде всего нужна цивилизованность в мышлении, использование лучших достижений цивилизации в том, как мыслить.

Все остальные **требования к мышлению** — это или частные варианты, или сочетания представленных. Так, «сильное мышление» обычно сводится к хорошему абстрагированию и адекватности, «мудрость» — это просто другие слова для адекватности, «творческое мышление» — это задействование правильного абстрагирования, «рефлексия» — это осознанность, но только не на текущую ситуацию, а уже прошедшую.

Мы вовсе не имеем в виду, что человек, умеющий абстрактно, адекватно, осознанно и рационально мыслить, сможет решить любую задачу. Нет, для этого ему нужно обладать кроме мыслительного мастерства ещё и мастерством **предметных/прикладных** (domain) **рассуждений** — по прикладным (то

есть используемым в рабочих проектах) практикам менеджмента, инженерии, технического предпринимательства, образования, других видов труда. Каждый вид труда/деятельности имеет какие-то свои специфические предметные/прикладные рассуждения и действия, исполняемые той функциональной частью мозга и тела, которые мы называли бы прикладным мастерством (так же, как трансдисциплинарные рассуждения и действия мы называли мыслительным мастерством). Прикладное мастерство важно, оно позволяет рассуждать быстро и без типичных для новичков в этих видах труда ошибок.

ЗАМЕНЯЕТ ЛИ СИСТЕМНОЕ МЫШЛЕНИЕ ПРИКЛАДНОЕ МЫШЛЕНИЕ?

Одна из неправильных идей состоит в том, что можно иметь сильный общий интеллект, развить у себя системное мышление — и иметь огромное преимущество перед профи в своих предметных областях. Увы, это не сработает. Человек с системным мышлением будет иметь перед профи преимущество в том, с какой скоростью он разберётся в проекте в целом, как быстро договорится с остальными участниками проекта, насколько сможет удерживать внимание на главных задачах проекта и не увлечься чем-то не слишком важным в ходе работы. Но у него не будет преимущества в решении прикладных задач! Более того, ошибки в мышлении могут появиться из-за игнорирования других дисциплин интеллект-стека: онтологии, экономики, методологии, алгоритмики (если условно считать, что в интеллект-стеке 17 мыслительных практик, а системное мышление только одна из них, то это 1/17 часть интеллекта! Важная часть, но всего 1/17 часть!).

Системное мышление не заменяет прикладных/предметных рассуждений, но оно усиливает, направляет и дополняет их. Для того, чтобы видеть ошибку $2*2=5$ нужно по-прежнему знать арифметику, никакое системное мышление тут не поможет. Если вы не умеете ремонтировать унитазы, но вам это потребовалось,

то вам поможет не учебник системного мышления, а учебник сантехники. Другое дело, что системное мышление поможет выбрать современный/лучший учебник сантехники, разобраться в ситуации в целом (вдруг унитаз этот не нужно ремонтировать, а проблема в чём-то другом!), удержит внимание на важных деталях постановки задачи. Но системное мышление не заменит знаний по сантехнике.

Если вы собираетесь решать задачи какой-то прикладной предметной области без знания SoTA (state-of-the-art, лучшее на сегодня известное знание) дисциплины, а опираясь только на смекалку и сообразительность, то мы назовём это кулибинством. Нельзя игнорировать достижения человеческой культуры. Нужно гуглить прикладное знание, освоить прикладную практику, а не действовать методом проб и ошибок. «Изобрести что-то на коленке» — это ж и есть «попробовать, вдруг получится», такой метод очень дорог!

Системный мыслитель это не тот, который игнорирует учебники по прикладным дисциплинам. Совсем наоборот: это тот, кто может быстро выбрать необходимый учебник, разобраться в его содержании, учесть особенности текущей ситуации с задействованием всех других прикладных дисциплин в сложном командном проекте. **Системное мышление помогает прикладному мышлению, не заменяет его.**

МЕСТО СИСТЕМНОГО МЫШЛЕНИЯ СРЕДИ ДРУГИХ МЫШЛЕНИЙ: ИНТЕЛЛЕКТ-СТЕК

Но сразу освоить прикладное мышление (например, инженерии требований, или ведение обучения людей с использованием педагогической практики blended learning, или ремонт унитазов на космических кораблях), да ещё потом и сочетать мышления для разных деятельности в сложных проектах, в которых задействованы сотни людей, не удаётся.

В принципе, проблемы и впрямь можно решать хоть методом перебора разных вариантов решения, классическим методом «проб и ошибок» — увы, за огромное время (ещё ведь придётся найти то, что нужно будет перебирать, заранее ведь это неизвестно). Да, вы можете быть тем самым гением, что придумает новый лучший способ решения задачи. Но с вероятностью 99.99% это не так: вы придумаете способ, но он будет хуже подробно описанного в учебнике. И придумывать вы его будете долго, много дольше, чем займёт чтение учебника по прикладной дисциплине.

Это означает, что мы просто обязаны использовать знания человеческой цивилизации, иначе просто не будем успевать качественно решать простые задачи — что уж говорить о сложных фронтальных задачах, для которых учебников ещё не написано!

Если мы хотя бы частично что-то знаем о структуре мира, это в десятки тысяч раз уменьшает количество вычислений/мышления по достижению мастерства в решении задач. Это много? Скажем, какую-то задачу мы можем решить человеческим мозгом за десять тысяч лет. Это побольше, чем время существования человеческой цивилизации. Если мы сделаем какие-то предположения о структуре задачи и её предметной области, и они позволят снизить объем вычислений в десять тысяч раз, то задача будет решена за год.

Цивилизация (и особенно в ней наука, она почти целиком ровно этим и занимается) даёт нам предположения о структуре мира и учит формулировать задачи. Это приобретённый интеллект: он позволяет решать задачи в десятки тысяч раз быстрее, чем это могло бы быть сделано необученным структуре окружающего мира интеллектом. Цивилизованный мозг — это не «дикий», это обученный мозг, он быстр в мышлении.

Освоение нового мастерства идёт у человека не через «природную смекалку», а через «облагороженную образованием смекалку», через знания о структуре мира и структуре задач.

Умение и навык, скилл — это элементы владения какой-то прикладной дисциплиной, интеллект — это мастерство владения трансдисциплиной, которая работает с объектами прикладных дисциплин. **Трансдисциплины — это и есть сведения о структуре мира, удобной для скоростного мышления о мире, удержания внимания вычислений/рассуждений/мышления на важном, сохранения ресурса мозга от разбазаривания на мышлении о неважном.** То, что занимает у очень смекалистого дикаря полжизни, у обученного человека может занять несколько часов, или даже несколько секунд.

Это целый стек/стопка поддерживающих друг друга трансдисциплин, мы назовём его **интеллект-стеком** (приведём его в обратном порядке, снизу-вверх, чтобы было понятней, как одни трансдисциплины пользуются в своих объяснениях уже введёнными другими трансдисциплинами объектами. Это длинная цитата из курса/книги «Образование для образованных 2021»):

- Понятизация учит выделять фигуры из фона и делать их предметами рассмотрения.

- Собранность учит удерживать во внимании «объекты», которые уже обсуждены в понятизации.

- Семантика учит отделять физические объекты от математических/абстрактных/ментальных/идеальных, тем самым разделяя объекты и их более и менее формальные описания. Но эти объекты уже могут быть удержаны во внимании.

- Теория информации учит, тому, как именно объекты из ментального мира представляются в физическом мире. Но семантика уже рассказала про разницу математических и физических объектов.

- Теория понятий учит машинке типов: что все объекты в каком-то смысле подобны друг другу, и это описывается типами. Об объектах мы можем судить по их отношениям друг с другом. Примеры часто встречающихся типов отношений — это классификация, специализация, композиция. Теория информации при

этом уже сказала, как все эти описания представлены в физическом мире на носителях информации.

- Онтология учит отвечать на вопрос, каким способом мы описываем/моделируем мир: как мы определяем важное и неважное (моделирование), как мы используем модели для ответа на вопросы (интерпретации). Мы разбираемся с мета-моделированием (описания как абстракции получаются не произвольно, но абстрагирование управляется абстракцией более высокого уровня), разбираемся с тем, что вещи/системы на разных системных уровнях (то есть уровнях по отношению часть-целое) описываются по-разному, ибо при взаимодействии частей получаются новые свойства (эмерджентность). Модели задействуют понятия (используем теорию понятий). А ещё модели используются для проведения по ним рассуждений, т.е. используются для предсказаний, и мы уже готовы заняться рассуждениями и объяснениями.

- Логика говорит, какие есть способы рассуждений над моделями: логический вывод, функциональная оценка, вычисления математических функций, интуитивные оценки в человеческом мозге, прикидки, предсказания и т. д. Онтология для этого уже рассказала про то, как мы нарезали мир на объекты, описав эту нарезку какими-то моделями, так что рассуждения работают с моделями.

- Объяснения как практика говорит о том, что рассуждения по моделям нужны для оценки причин и следствий в физическом мире, и совершенно недостаточно рассуждений только про математический мир. В этот момент из онтологии уже известно про разнообразие моделей, а из логики о разнообразии правил рассуждений.

- Алгоритмика — это естественная наука, которая обсуждает способы проведения рассуждений по доказательству соответствия поведения математических/идеальных/ментальных объектов поведению физических объектов. Математик, физик, компьютер — это универсальные вычислители, то есть физические объекты, поведение которых как-то отражает поведение мате-

математических объектов, но это соответствие ещё нужно объяснить (что такое объяснение к этому моменту уже понятно), и доказать (вот что такое «доказать» и определяется алгоритмикой, а не физикой или математикой). Алгоритмика тем самым и про живых людей с их рассуждениями/вычислениями, и про классические компьютеры с их рассуждениями, и про квантовые компьютеры с их рассуждениями/вычислениями – всё это просто разные типы физики вычислителей.

- Исследования как практика (практика научной теории познания/эпистемологии) говорит о том, каким образом мы получаем объяснения. Мы делаем догадки о хорошей объяснительной (причинной) модели/теории, а затем критикуем эту догадку на предмет непротиворечивых результатов рассуждений по этой модели и на предмет лучшего соответствия предсказаний этой модели с результатами эксперимента. Тут уже можно использовать понимание моделей как объяснений, рассуждений, доказательств, а также алгоритмики с её пониманием способов, которыми мы можем вести рассуждения, объяснения, доказательства.

- Эстетика даёт критерии красоты (в исследованиях принято говорить об элегантности) в результатах мышления и прикладного труда. Эстетика рассказывает, какой отклик вызывает наше поведение не столько в окружающем мире, сколько в самих агентах (и не факт, что современная эстетика обсуждает, например, эмоциональное воздействие каких-то продуктов труда и описаний только на агентов-людей. Нет, современная эстетика рассматривает и агентов с искусственным интеллектом, и искусственную жизнь).

- Этика говорит нам о том, чего нужно добиваться в жизни: какие цели приемлемо ставить агенту и какими средствами добиваться реализации этих целей. Должны ли люди умирать, или лучше бы их сделать бессмертными? Для этого мы уже владеем пониманием, что такое объяснения и как устроены исследования — можем теперь разбираться, что делать с результатами всех этих исследований.

- Риторика говорит о том, как убедить какого-то человека совершить какие-то действия. Начинаем с того, что вы должны иметь какую-то модель ситуации (полученную вами в ходе исследований) и вы имеете агента, которому вы объясняете вашу модель ситуации и пытаетесь его уговорить использовать эту модель для достижения каких-то ваших целей. Но этика вам уже известна, вы не подбиваете людей на что-то плохое.

- Методология рассказывает о труде/человеческой деятельности, в которой люди организуются в команду, занимают в ней какие-то роли, выполняют работы по каким-то практикам и тем самым добиваются своих целей. Риторика позволяет понять, как они договариваются.

- Экономика объясняет, что для достижения своих целей люди используют ограниченные ресурсы, которыми обмениваются, если они им нужны. Но достижение целей не гарантировано. Предприниматели пытаются предвидеть будущее и организуют предприятие, которое для достижения целей использует разнообразные ресурсы — и имеют прибыль в случае успеха предприятия и убыток в случае неуспеха. Предприятие мы рассматриваем как агента, если люди в нём договорились. А если люди и предприятия как агенты ещё не договорились о достижении какой-то цели, то это другой системный уровень, уровень общества, и поэтому для него нужны другие модели/описания/объяснения — мы уже разобрались в онтологии с системными уровнями и необходимостью разных описаний для разных системных уровней, так что пониманием системных уровней для отдельных органов агентов (у этих отдельных органов ещё нет агентности), для агентов и их предприятий (у них есть агентность) и обществ агентов (у них тоже нет агентности) проблем не будет.

- Системное мышление рассказывает, что одни системы (целевые в их системном окружении) создаются другими системами-предприятиями, проходя множество состояний, смену которых дают практики жизненного цикла. Онтология рассказывает об основных описаниях, которые нужны для объяснений при создании систем. Уже в 21 веке было признано, что в чис-

ло необходимых системных описаний входит не только функциональное, конструктивное и компоновочное/пространственное описание в их развёртках по времени, но и стоимостное описание, нужное для предпринимательской оценки целесообразности выполнения проекта.

- Труд описывается набором трансдисциплин важнейших трудовых практик — это трансдисциплины инженерии как изменения физического мира (включая кроме инженерии в традиционном строительном и машиностроительном варианте и варианты программной инженерии, образования, медицины и прочих трудовых практик по изменению мира), менеджмента (труд по проектированию, созданию и эксплуатации предприятий), предпринимательства (труд по замысливанию предприятий и их стратегированию/нацеливанию на какой-то рынок). Для рассуждений о трудовых практиках задействуются все предыдущие уровни интеллект-стека (особенно если учесть, что в качестве агентов действуют люди, люди и компьютеры, и даже уже иногда сами компьютеры).

Каждая мыслительная практика, основанная на фундаментальной дисциплине/трансдисциплине помогает разобраться со следующей мыслительной практикой, а в конце их цепочки — с прикладной практикой, основанной на прикладной дисциплине, которая поддержана какими-то инструментами моделирования (моделерами, специальным софтом для удобного описания ситуаций). Можно было бы сказать не только «системное мышление», но и «онтологическое системное мышление», ибо системное мышление основано на трансдисциплине онтологии, и «методологическое системное мышление», ибо существенно задействуются положения трансдисциплины методологии, и так далее. Системная инженерия — это инженерия, описания практик которой основаны на системном мышлении.

Можно было бы добавить и в это название онтологику: «онтологическая системная инженерия», так иногда и говорят — ontology based systems engineering¹. Но обычно ограничиваются только одной практикой из интеллект-стека, когда хотят подчеркнуть, что речь идёт о как-то вписанной в интеллект-стек практике или трансдисциплине, а не просто «отдельно взятой изолированной ото всего практике».

Системное мышление не выключается, когда идёт мышление о труде/деятельности: системное мышление — часть этого мышления. И онтологическое мышление никуда не девается, когда идёт системное мышление. И собранность никуда не выключается, когда идёт онтологическое мышление. Эти все мышления идут практически одновременно, и только наше внимание может выделить в этом связном и непрерывном процессе мышления какого-то интеллекта те или иные моменты, связанные с разными частными видами мышлениями.

Этот одновременный учёт самых разных мыслительных практик как работы с самыми разными объектами внимания довольно легко понять: когда вы смотрите на дерево, раскачивающееся под ветром, обсуждаете углы раскачки в зависимости от силы ветра, это абсолютно не исключает того, что в этом дереве прямо в этот же момент продолжает идти фотосинтез, в дупле этого дерева высиживает птенцов неведомая птичка. Нет, это всё присутствует: но если ваше внимание сосредоточено на образе раскачивающегося под ветром дерева в целом, то эти детали из жизни никуда не исчезают, но от вашего внимания они будут скрыты — временно, пока вы не обратите внимание именно на них. Но вот вы обратили внимание на фотосинтез, и раскачивание дерева сильным ветром, и кто там у этого дерева в дупле — всё это вмиг потеряло значение, внимание переключено на фотосинтез. Но это работа нашего внимания, с дере-

¹ <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0166361518307887>

вом ничего не происходит! В жизни дерево существует во всей его полноте, никуда не девается ни фотосинтез, ни птичка, ни раскачивание под ветром. Просто нам удобно рассматривать и обсуждать всё это по очереди, а не всё сразу.

Вот это рассуждение про выделение вниманием разных **целых объектов и частей этих целых объектов** для удобства рассмотрения сложных ситуаций и потом удержание некоторое время во внимании именно этих **целых объектов и их частей** без блуждания внимания (использование собранности для работы с частями и целыми для этих частей) — оно типично для системного мышления, это самая суть подхода, для этого и было разработано системное мышление. Вы выбираете правильный для решения ваших задач **уровень рассмотрения частей-целых (масштаб крупности в длинах, масштаб времени в продолжительностях)** и решаете на нём свои задачи, поднимаясь вниманием выше или ниже по этим уровням в зависимости от того, над чем размышляете. Если что-то обсуждено не очень подробно, то можно всегда вернуться и дообсудить. Обсуждаем части, не теряя из виду целого. Обсуждаем целое, не забывая о частях. Обсуждение задействует наше внимание к какому-то уровню частей целого объекта, и дальше уже частей этих частей (или более целых для начального целого — это всё рекурсивно и в обе стороны), сам объект остаётся в его натуральной целостности, а части и более целостные объекты на многих уровнях выделяются только вниманием.

Интеллект-стек устроен так же: мышление неразрывно, оно происходит в целом и общетрудовое, и системное, и алгоритмическое, и онтологическое, и в нём присутствует собранность/осознанность, и так далее, все прикладные практики рассуждений и 17 трансдисциплинарных мыслительных практик интеллект-стека. Но **мы выделяем силой нашего внимания в практиках мышления какие-то части и какую-то часть времени думаем только о них — прежде всего, чтобы лучше понять, как устроено мышление, как ему научить. Вот одна из таких выделяемых вниманием частей полного мышления, поведения полного интеллект-стека — системное мышление.**

Аналогично рациональное (семантическое, логическое, онтологическое) мышление лежит в основе системного мышления. Без его освоения системно мыслить не станешь. Студенты получают двойки по системному мышлению часто не из-за незнания самого системного мышления, а из-за плохой подготовки в области семантики, теории понятий, онтологии, логики¹.

Прежде всего это семантика: неотличение понятия и термина. Стоит расслабиться — и уже перепутано понятие «потребности» как психологической потребности пить-кушать-размножаться и «потребности» как описания свойств надсистемы. Слово-термин одно, словарные гнезда разные, понятия разные — но это часто не отслеживается, термины и понятия не различаются.

Дальше идёт теория понятий: неумение работать с типами. Если вы пишете, что «система X — это система отношений между покупателями и продавцами», то нельзя через три строчки писать, что «система X — это софтверная платформа», а ещё через три строчки писать, что «система X — это проект по предоставлению сервиса». Это ошибка того же вида, что написать «X — это огурец», через три строчки написать «X — это пушной зверёк», а ещё через три строчки написать «X — это система ценностей». Тип ошибки тут один и тот же, но для огурца и пушного зверька здравого смысла хватает заметить ошибку, а вот что «система отношений» это ни разу не «софтверная платформа», а «платформа» — это не «проект» — вот это уже для плохо тренированного в работе с типами человека не берущаяся задача. Если такое видишь в студенческом тексте, то чётко понимаешь, что понятия целевой системы как физического объекта в голове студента или курсанта нет, а есть эдакое «облачко смыслов», не доведённое в мыслях до какой-то физической реализации. Особо тут можно упомянуть плохое обращение с отглагольными существительными (мышление тут тоже может высту-

¹ <https://ailev.livejournal.com/1465753.html>

пать примером). Мышление один раз может быть процессом (и в учебнике так), который реализуется вычислителем-интеллектом, а второй раз у тех же людей — это часть мозга, синоним интеллекта! И то, что мышление как «глагол» и мышление как «существительное» могут путаться — это люди с плохим тренингом в теории понятий не замечают. У них будет всё очень, очень плохо с системной архитектурой (функции там задаются как раз отглагольными существительными, и это поведения, а не вещи, и путаться в этом нельзя).

Сюда же можно отнести суперобобщения/overgeneralizations, это тоже к работе с типами как онтологической уже работе. Вместо какого-то объекта очень плохо указывать его супер-супер-супер-тип/класс, очень высоко стоящий в классификаторе, и считать, что дальше всё берётся операцией наследования свойств типа. Например, вместо «тигра» везде говорить про «зверя» — а потом удивляться, почему другие люди подставляют в разговоре вместо зверя свою «мышь» (это же тоже зверь!), после чего фраза «мышь опасна для человека» для них является неожиданной и им невдомёк, откуда она берётся. А берётся она из-за того, что «тигра» нужно называть тигром, а не более общим классом «зверь». Не нужно обобщать чрезмерно, в лишних обобщениях часты ошибки! Если вы указали дремель как «оборудование» и дали характеристику «частота вращения», то это кажется нормальным. Но потом кто-то добавит такое «оборудование», как люк, и у люка появится характеристика «частота вращения»! Это ведь простое логическое следствие того, что «люк — это оборудование». Ибо вы думали о «дрели», а писали «оборудование»!

Ещё одно логическое препятствие для системного мышления — это проблемы в отслеживании отношений «часть-целое» на нескольких уровнях. Отношения часть-целое (композиции, физические части) как между мной в целом и моей рукой вдруг заменяется отношением классификации (моя рука — одна из четырёх конечностей человеческого тела, конечность тут — это уже класс! Рука классифицируется как конечность, она не часть

конечности!), после чего палец на руке оказывается пальцем на какой-то конечности, причём уже не обязательно именно на руке — переход от «руки» к «конечности» изменил ситуацию! Система в результате представляется как состоящая из не-пойми-чего, а не физических частей. Студенты легко складывают колбасу в штуках с яблоками в тоннах, не считая это ошибкой. Да, это не ошибки в системном мышлении, это ошибки в онтологии и логике (определении того, с какими объектами ведётся рассуждение и по каким правилам оно ведётся) — но без онтологичности и логичности мышления никакого системного мышления не будет. Если в решении дифференциального уравнения вы в арифметике посчитали $2 \cdot 2 = 5$, то ответ для всего решения уравнения будет неправильный, даже если нет ошибок в высшей математике в части дифференцирования!

Как семантика, теория понятий, онтология и логика лежат в основе системного мышления и поддерживают его, так и само системное мышление лежит в основе инженерного, менеджерского, предпринимательского и других трудовых мышлений. Менеджер без системного мышления — это плохой менеджер. Быстро меняющиеся практические инженерные, менеджерские, предпринимательские и т. д. мышления основаны на крепких навыках более фундаментальных мыслительных практик интеллект-стека: экономике, системном мышлении, методологии, алгоритмике и так далее до собранности (умение обратить на что-то внимание и удерживать это внимание, в том числе осознанность в том, на что именно обращено внимание и насколько хорошо оно удерживается — например, понимаете ли вы, сколько минут подряд вы читаете наш курс, а сколько минут подряд вы смотрите ленту в соцсетях) и понятизации (умение облачить неясные ощущения о понятиях в словесную форму). В сильном мышлении задействован весь интеллект-стек, все его 17 дисциплин.

ГОТОВНОСТЬ К (МЫСЛИТЕЛЬНОМУ) ДЕЙСТВИЮ

Освоение высокоуровневых мыслительных практик в интеллект-стеке обычно требует определённого уровня владения более низкоуровневым мышлением. Едва ползющему человеку прыжки и танцы не будут доступны, нужно сначала накачать мышцы и освоить контроль тела, подготовить его к действию. И только после получения готовности тела к действию можно учить какие-то паттерны сложных спортивных и танцевальных движений. Образование устроено так же. Арифметика изучается перед интегралами, без знания таблицы умножения высшей математики не освоишь — арифметика тут пререквизит для высшей математики. Сначала готовность и автоматизмы/беглость в мышлении для более базовых мыслительных навыков, а затем готовность и автоматизмы/беглость на более прикладных уровнях мышления — и так на нескольких уровнях. Сначала нужно уметь обращать мысли в слова хоть как-то (понятизация), потом удерживать внимание на мыслях (собранность), потом различать сами мысли, объекты мира и слова о них (семантика), потом разбираться с типами объектов и отношений (теория понятий), удерживать многоуровневое задание объекта при выделении его вниманием из фона (онтология), и так далее: до системного мышления доберёмся таким образом ещё не скоро.

Есть легенда, что талант к мышлению (какого бы вида оно ни было) врождённый. Да, генетическая предрасположенность к какому-то виду мышления бывает, как у спортсменов к какому-то виду спорта. Но мышлению нужно учиться: сами приёмы мышления не заложены в мозге, они должны быть усвоены и натренированы. Это означает, что натренированный «не талант» легко обойдёт в том или ином виде мышления нетренированного «самородка», который так и останется «вечно подающим надежды», он просто не будет знать, как мыслить правильно. Выученный волками потенциально гениальный Маугли не будет уметь даже разговаривать, не то что правильно мыслить. Врождённый IQ

не имеет большого значения, хорошее образование в жизни значит больше.

Интеллект-стек — это набор **лучших на сегодняшний момент в нашей цивилизации** принятых по поводу мыслительных практик решений. Лучших (state-of-the-art) в цивилизации по состоянию на 2021 год, а не 2011 (новая весна искусственного интеллекта началась в 2012 году, в 2011 году компьютеры не разговаривали!) или уж совсем древний 1980 год (год появления первого персонального компьютера). Эти решения о выборе тех или иных приёмов мышления из всего известного человечеству множества вариантов как раз и направлены на то, чтобы думать абстрактно, адекватно, осознанно, рационально, а не «дикарски», с игнорированием всего накопленного цивилизацией мыслительного опыта. И эти решения по выбору приёмов мышления предполагают письменное оформление результатов мышления, это не только приёмы мышления «внутри головы».

Насколько окультуренный цивилизацией интеллект, то есть мышление с использованием трансдисциплин мыслительных практик интеллект-стека, сдерживает или наоборот, стимулирует творчество по сравнению с живым «дикарским» мышлением? Опыт цивилизации показывает, что образованные и мыслительно тренированные люди обычно выигрывают в массе своей у неучей. Гениальные самоучки-дикари-кулибины чрезвычайно редки. При этом на поверку «самоучки-дикари» оказываются часто более чем начитаны и образованы, разве что их образование не было связано с каким-то официальным учебным заведением, а паттерны своего «гениального самородного мышления» они тоже брали из литературы и подхватывали у своих вполне образованных учителей, а не изобретали по ходу дела.

Интеллект-стек, куда входит и системное мышление, в порядке самообразования нужно «накачать» и «разработать» так же, как мышцы и суставы для готовности тела к движению — мозг ведь тоже тренируем, он пластичен, то есть физически изменяется в ходе тренировки! И именно поэтому тренировки

мышления не быстры. Как и с обычными мышцами, быстрых результатов за одну-две тренировки мышления не получишь, нужны месяцы и годы, ибо при этом задействуются медленные биологические процессы в мозге. Отращаются синапсы нейронов, улучшается кровоснабжение мозга. Интеллект как физически реализованный на мозге вычислитель для мыслительных практик развивается медленно. Поэтому человек не полагается только на биологическую природу своего мышления, а задействует и компьютер: при задействовании компьютера проще управлять вниманием, проще задействовать большую память, проще обмениваться результатами мышления.

Человеческое мышление имеет внешний характер, оно проходит не только в мозгу, но и во всём теле, и выходит за его пределы (тезис *extended mind*¹), поэтому системное мышление тренируется не только как умственное упражнение, но и с задействованием компьютерных средств моделирования — от просто письма в редакторе текстов или редакторе сложных табличек (вроде *notion.so* или *coda.io*) до изощрённого математического многомасштабного (*multiscale*, на разных уровнях структуры моделируемого физического объекта/системы) имитационного моделирования. Люди давно не работают «просто руками», они используют инструменты. Люди давно не думают «просто мозгами», они используют компьютеры. **Если вы обнаружили себя в ходе глубокого размышления, в котором вы не ведёте никаких записей, не делаете никаких компьютерных моделей — вы явно что-то делаете не так. Мышление происходит сегодня письмом и моделированием. Системное мышление тут не исключение.**

Продолжительное фундаментальное образование нужно, чтобы дальше иметь возможность не просто цивилизованно мыслить, но и мыслить бегло. Натренированные паттерны мышления дают возможность как по проложенным в мозгу рельсам

¹ https://en.wikipedia.org/wiki/Extended_mind_thesis

быстро проводить типовые абстрактные, рациональные, адекватные, осознанные рассуждения, не затрачивая на это мыслительных усилий, практически интуитивно, «на автомате». И **только если эти «рельсы мышления» оказываются вдруг где-то не проложены, только при столкновении с чем-то действительно новым, можно переходить на затратное «просто мышление», задействовать какие-то иные, поисковые механизмы мышления, «голый биологический интеллект».** Но такие ситуации – исключение, а не правило. Вам очень повезло, если вы попали на такой фронтир (но не факт, что вы сможете на этом фронтире что-то придумать, пополнить запас эффективных паттернов мышления человечества).

Эти ускоряющие мышление взятые из культуры паттерны используются как в самых базовых видах мышления (логические рассуждения общего вида), так и в основанных на них более сложных (системное мышление, экономическое мышление), так и в быстро меняющихся ещё более специализированных и сложных вариантах рассуждений, включающих смесь познания/мышления и каких-то рутинных прикладных рассуждений по уже давно известному материалу, как это бывает в труде инженера, менеджера, предпринимателя или даже танцора, учителя или политика. Беглости мышления нужно добиваться во всех них, все эти виды мышления нужно тренировать. Кроме того, что выученные культурные паттерны мышления дают выигрыш в скорости по сравнению с мышлением-дичком, они предохраняют от грубых мыслительных ошибок. Один раз выучиваете операцию умножения – всю жизнь затем используете. Один раз выучиваете, что потребности относятся к надсистеме, а требования к системе – и тоже используете всю жизнь. Платят за удовлетворение потребностей, а не за реализацию требований – этот материал излагается в курсе системного мышления. Если будете путать, то можно и без денег остаться! Лучше бы это выучить один раз, чтобы потом всю жизнь не ошибаться! Знание приёмов системного мышления очень практично, экономит время, спасает от ошибок.

Для «образованного человека» нужно освоить одно и то же компактное мышление трансдисциплин интеллект-стека, и оно пригодится ему для самых разных деятельности и проектов. Ведь человеку придётся в жизни играть много самых разных трудовых ролей, начиная с ролей инженера, менеджера, технологического предпринимателя, но не ограничиваясь ими (могут быть роли члена семьи, родителя, избирателя и много других ролей, за каждой из которых стоят какие-то практики). Каждая из этих ролей потребует своих прикладных рассуждений, и при столкновении с новым и неожиданным поворотом в проекте выхода в мышление с использованием всех мыслительных практик интеллект-стека. Будь вы предпринимателем на рынке секс-игрушек, или менеджером космического туризма, или инженером квантовых компьютеров — вам придётся быть собранным, задействовать логику, коммуницировать сложные модели мира с вашими коллегами, удерживать внимание на многочисленных системах, которые затрагивает ваш проект, вы будете использовать компьютеры с универсальными алгоритмами. В следующем проекте всё повторится: весь ваш интеллект потребуется опять, в какой бы роли вы не выступали: проекта, где всё известно и можно рассуждать только по правилам, не бывает (если есть какое-то совершенно знакомое действие, его проектом не назовут!). Мышление как деятельность интеллекта по решению проблем, по познанию мира — оно универсально, оно всегда будет с вами, и системное мышление входит в состав этого мыслительного минимума цивилизованного человека.

Обязательно нужно учитывать, что речь идёт о лучших на сегодняшний момент (state-of-the-art) приёмах мышления. Базовые приёмы мышления относительно стабильны (время их изменения может исчисляться сотнями лет: сколько веков аристотелевой логике?), но в 21 веке и базовые приёмы за время длинной человеческой жизни могут немного меняться, так что тут нужно быть начеку и вовремя переучиваться (аристотелева логика с её силлогизмами осталась в истории, вместо неё сейчас множество вариантов математической логики).

Уже в 21 веке существенно изменилось понимание самого интеллекта, научного мышления, причинно-следственных отношений, логики как вероятностного вывода, да и самого системного мышления. Если вы будете изучать эти предметы по учебникам более древним, чем 2015 год издания, то вы можете удивиться, насколько они уже не отражают современное состояние этих дисциплин. Не учитесь старью! Не учитесь системному мышлению авторов 80-х годов 20 века, проверяйте годы издания ваших учебников!

Так, при поиске учебника системного мышления в гугле одним из первых находится учебник тренеров нейролингвистического программирования Джозефа Коннора и Яна МакДермотта в переводе на русский язык. Но этот учебник в английском оригинале был написан аж 23 года назад, в 1997 году¹! Неудивительно, что он так сильно отличается по содержанию от нашей книги, в нём приведены довольно древние представления о системном мышлении. Системное мышление не стояло на месте, оно интенсивно развивалось в 21 веке, как развивался и весь интеллект-стек трансдисциплин.

ВАРИАНТЫ СИСТЕМНОГО МЫШЛЕНИЯ

Системное мышление (systems thinking) — это мышление с использованием основных положений и приёмов **системного подхода** (systems approach). Есть много разных вариантов системного подхода, существенно отличающихся друг от друга в степени проработанности, используемой ими терминологии и деталях, но совпадающих в своих основах. Главное в системном подходе — это многоуровневое рассмотрение системы как части какой-то надсистемы **сначала**, чтобы **потом** рассматривать подсистемы как части системы. Этот мыслительный ход (сначала

¹ <https://www.amazon.com/Art-Systems-Thinking-Essential-Creativity/dp/0722534426>

к надсистеме, потом к подсистеме) выполняется на много уровней вверх и вниз.

Речь идёт исключительно о выделении систем, надсистем, подсистем вниманием прямо на работающей/функционирующей системе, а не о разборке систем на физические отдельные части в ходе её сборки/разборки (такое «строительное» рассмотрение тоже есть, но оно не главное).

Понятие системы в системном подходе отличается от понятия системы в физике (например, термодинамике). Система в физике это просто часть мира/вселенной в рассмотрении. В этом плане есть рассматриваемая часть всего мира как система, граница системы и весь остальной мир за границей системы как окружение/среда/environment. Системы в физике не относятся к системному подходу, мышление в физике не системное, хотя термин «система» в физике используется весьма активно¹.

Системный подход как основа системного мышления появился сначала на биологическом материале. Биологи пытались описать заливной луг как целое с его сотнями видов растений и животных и круглогодичными изменениями. Живое на части не разрежешь, луг оказался исключительно сложным объектом для описания и понимания. Поэтому **системное мышление появилось как управление движением внимания исследователя по разным уровням деления целой системы на части (или наоборот, сборки вниманием целой системы из отдельно выбираемых вниманием частей).**

Основы системного подхода претерпели существенное развитие с момента предложения в 1937 году биологом Людвигом фон Берталанфи общей теории систем. Вообще, **подход** (approach) — это когда разработанные в рамках одной дисциплины, одной предметной области понятия, методы мышления, приёмы действия применяются затем к другим дисциплинам и предметным областям. Общая теория систем была разработа-

¹ https://en.wikipedia.org/wiki/Physical_system

на главным образом на биологическом материале, а уж затем было предложено применять её положения ко многим и многим другим предметным областям.

С момента появления общей теории систем в 30-х годах 20 века на базе системного подхода возникали и умирали целые дисциплины. Например, так родилась в 1948 году и затем в семидесятых была предана забвению кибернетика. Поэтому до сих пор можно встретить старинные варианты системного подхода, существенно переплетённые с кибернетикой и несущие в себе все её недостатки, прежде всего попытку свести понимание мира как работы поддерживающих гомеостаз (т.е. неизменность своего состояния) систем с обратными связями. Кибернетика активно пыталась быть использована в госпланировании и показала там неадекватность: экономика сама по себе неравновесна, никакого «баланса спроса и предложения», возвращающего к равновесию, нет, ибо экономика развивается, меняется, а не балансирует вокруг какого-то «равновесия». Остатки кибернетики существуют теперь только в виде теории автоматического регулирования, где действительно нужно управлять в технической системе каким-то постоянным параметром, следить за «отклонениями». Но в большинстве ситуаций речь идёт не об «отклонениях» от точки равновесия, а как раз о продвижении к каким-то целям и опоре на неравновесные состояния.

Самый распространённый вариант кибернетического системного подхода отражён в способе моделирования «системная динамика» (system dynamics¹) и сводится к нахождению и явному отражению в модели каких-то связей, которые могут замыкаться в циклы, приводя к появлению колебаний вокруг какого-то положения равновесия. Такое «кибернетическое моделирование» свёрнуто и плохо отражает самые разные виды систем, совсем не похожие на «регулятор Уатта».

¹ https://en.wikipedia.org/wiki/System_dynamics

Развитие, эволюция отлично описываются системными представлениями, но плохо описываются представлениями «управления», представлениями кибернетики. А в целом моделирование разных связей на одном системном уровне (и даже на разных системных уровнях) выполняется произвольными системами дифференциальных уравнений (иногда это описание произвольными системами дифференциальных уравнений в инженерии называют «системное моделирование», но оно существенно шире узкого класса уравнений «системной динамики»). Но это уже не совсем системный подход, это просто имитационное моделирование физических систем (и иногда организационных систем).

Системный подход уже получил широкое распространение в инженерии и менеджменте. В инженерии в пятидесятые-шестидесятые годы превалировало «математическое» понимание системного подхода, которое по факту сводилось просто к активному использованию математического моделирования при решении инженерных проблем. «Системность» заключалась в том, что модели при этом набирались из разных дисциплин для разного уровня структуры системы, и описание тех или иных систем проводилось с использованием многочисленных моделей, отражающих разные интересующие инженеров и учёных свойства систем в различных ситуациях. Такое **системное моделирование** (часто говорили «**системный анализ**», ни о каком синтезе тогда и речи не было) противопоставлялось так называемому **редукционизму** (сведению к простому), для которого было характерно выделение одной главной точки зрения, одной дисциплины для какого-то уровня структуры объекта или предмета исследования, один метод моделирования — скажем, человек рассматривался на уровне молекул (т.е. биохимическом уровне), и из этого пытались выводиться все знания о человеческой природе: в том числе и его мышление, и социальное поведение объяснялось как сложное сочетание биохимических процессов.

Системный подход преодолевал очевидную бессмысленность одноуровневого упрощенчества редукционизма, и поэто-

му стал очень популярен. Системно мыслить — это прежде всего удерживать во внимании тот уровень дробления системы на части, на котором уместно обсуждать проявляющиеся на этом уровне новые (emergent, эмерджентные) свойства, которых ещё не было на предыдущих уровнях разбиения системы на части, и уже нет на уровнях выше системы, на уровне надсистемы.

Вкус борща в момент его готовки нужно обсуждать как зависящий от способа приготовления его из кусочков овощей и мяса, неадекватно обсуждать идущие в ходе готовки биохимические процессы на уровне клеток растений-овощей и клеток мяса. Эти процессы никуда не деваются, они вполне себе идут в ходе готовки, но это неправильный уровень структуры вещества для обсуждения вкуса борща! Знание о том, как сворачивается белок мяса в ходе варки борща, конечно, имеет непосредственное отношение к изменению вкуса сырого мяса на варёное, но вряд ли это поможет повару! Вниманием нужно выделять целые овощи и их куски, приёмы готовки и зависимость вкуса от этих приёмов обсуждаются на этом уровне крупности вещества: целые овощи и куски мяса, нарезанные на небольшие кусочки, принятые в той или иной кухне (чуть более крупные в южной готовке, чуть более мелкие в северной). И нельзя обсуждать вкус борща, если обсуждать званый вечер со сменой шести блюд, где борщ будет только одной из смен: обед уже не имеет «вкус борща», хотя борщ там и является его составляющей частью. И главное — это просто выделение вниманием в реальной ситуации готовки борща и реальной ситуации обеда нужных нам для каких-то целей (приготовление обеда с вкусным борщом) частей.

Ситуация с борщом кажется простой, но давайте возьмём проект создания авиалайнера, в котором планируется 6 млн индивидуальных деталей. Как вы с огромной командой из пары сотен тысяч занятых его изготовлением человек будете рассматривать этот авиалайнер, чтобы не упустить ничего важного? На уровне структуры материалов, из которых этот авиалайнер состоит? Это будет правильно, если считать прочность лайнера.

Но если считать подъёмную силу его крыльев, то этот уровень структуры материала не поможет. Большую и сложную систему из миллионов индивидуальных частей нужно описывать на множестве уровней её сборки в целое, описывать самыми разными способами, не теряя ни один из них — системное мышление помогает именно в этом, не потерять внимание тысяч людей, не забыть что-то важное, не отвлечься на неважное.

Управлять вниманием к 6 млн индивидуальных деталей в авиалайнере, чтобы не забыть ни одной детали, и рассмотреть и аэродинамику, и пассажировместимость, и общую стоимость проекта, и безопасность при попадании молнии, и размеры цеха для сборки авиалайнера — вот это всё стало не интеллектуальным подвигом, а обыденной мыслительной работой после появления системного мышления в инженерии. И имена гениев-авиаконструкторов вроде Мессершмитта и Туполева остались в прошлом, для современных более сложных самолётов уже не нужно иметь гениев в составе команды! Системное мышление, поддержанное компьютером, вполне справляется. Не нужно иметь абсолютного гения Королёва, чтобы делать такие сложные запуски космических кораблей, какие делает сейчас SpaceX.

Дошли до того, что системное мышление начали объявлять в пику редукционизму **холистическим** (то есть говорящем о примате целого над частями: поведение частей объясняется существованием целого). Но **холизм** оказался такой же ошибкой, что и редукционизм: системное мышление борется с полным отказом от рассмотрения зависимостей поведения целого как поведения его частей (редукционизм) как и полным отказом от рассмотрения зависимостей поведения частей в зависимости от происходящего с целым (холизм).

Слово «система» в конце семидесятых годов стало респектабельным, и его стали использовать в том числе и те люди, которые были совсем незнакомы с системным подходом в любой его версии, которые не понимали сути системного подхода, его способа управления вниманием при рассмотрении сложных ситуа-

ций. По факту, слово «система» вдруг стало синонимом слова «объект» — что-то, что попало в сферу нашего внимания. Связь со вниманием осталась, но специфика того, что речь идёт о внимании к определённом уровню крупности нарезки на объекты, и уровней этих множество, и способов нарезки тоже множество — вот это было полностью потеряно. Никакого системного мышления, которое потом бы работало с «объектами-системами», увы, у пользующихся словом «система» не было.

В восьмидесятых в менеджменте тоже появилось множество учебников системного подхода, математики там уже не было. Акцент делался на том, что в системе «всё со всем связано», и существенные связи могут выпасть из традиционных монодисциплинарных рассмотрений. Поэтому нужно привлекать самых разных людей, чтобы в их общении получить возможность выявления этих существенных связей. Менеджерское изложение системного подхода было ценным тем, что в нём обратили внимание на необходимость учёта людей при обсуждении систем (потом этих людей назовут проектными ролями/стейкхолдерами/stakeholders, сделают их рассмотрение обязательным и речь пойдёт не о самих людях, а об их ролях по отношению к системе — и тем самым в восьмидесятых годах прошлого века появится второе поколение системного подхода. Хотя исполнителей ролей и сами роли будут нещадно пугать, слово stakeholder будут применять очень по-разному). С другой стороны, если читать книжки с менеджерскими изложениями «системности», то на каждую их рекомендацию «учитывать целостность системы», «думать холистически», «смотреть на проблемы с разных сторон» нужно было бы дать ещё десяток: как именно это делать, а на каждое «думать холистически» не мешало бы напоминать, что про части системы тоже нужно не забывать. Многоуровневость разбиения системы на части не подчёркивалась, различные способы разбиения на части не рассматривались.

Такая же неконкретность в советах по управлению вниманием в сложных ситуациях может быть обнаружена во многих

книгах по общей теории систем: прописанные там общие закономерности мало отличаются от философских обобщений, их трудно непосредственно применять в деятельности. Да, хорошо бы думать о системе в целом — но как вообще увидеть систему в сложности окружающего мира? Это будет надсистема или подсистема? А если соседи по проекту увидели систему совсем по-другому, провели границу системы другим способом, нашли в системе другие части, определили функцию системы в надсистеме не так как вы, что в этом случае делать?!

Менеджерские книжки по системному подходу выглядят пожеланием «быть здоровым и богатым, а не бедным и больным». Никто не возражает «смотреть на систему с разных сторон»! Но с каких именно сторон? И как смотреть на что-то невидимое, например, на вездесущий в менеджерских книгах «процесс»?

Отдельных школ системной мысли с различающимися терминологиями, выделенными основными принципами, какими-то наработанными инструментами моделирования существует десятки и сотни. Поэтому говорят о **системном движении**, у которого нет каких-то влиятельных координаторов или ярко выраженного центра, просто отдельные люди в разное время в разных странах чувствуют силу системного подхода и начинают им заниматься самостоятельно, не слишком сообразуясь с другими. А поскольку критериев для отнесения той или иной школы мысли к системному движению нет, то иногда «патриоты» в России и тектологию А. Богданова считают ранним вариантом системного подхода¹, и хорошо что физику с её физическими системами к системному подходу не относят.

¹ Например, это прописано в статье русскоязычной Википедии: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Тектология>

СИСТЕМНАЯ ИНЖЕНЕРИЯ

Наиболее активно после биологии и менеджмента системный подход уже в XX веке разрабатывался в **системной инженерии** (systems engineering). В русскоязычных переводах инженерной литературы менеджеры слово engineering не удосуживаются перевести как «инженерия», так и оставляют «инжинирингом». Перевод «системный инжиниринг» уже побеждает — это легко отследить по результатам сравнения в интернет-поисковых системах. Можно считать, что «системная инженерия» и «системный инжиниринг» синонимы, но есть маленькая проблема: в России почему-то в тех местах, где занимаются инженерным менеджментом, а не инженерией, называют его тоже «системным инжинирингом» — хотя при этом никаких инженерных (т.е. по изменению конструкции и характеристик системы) решений не принимается, речь идёт только об организации работ по созданию системы. Так что будем считать «инженерию» и «инжиниринг» синонимами, но в случае «инжиниринга» проверять на всякий случай, не менеджмент ли имеется в виду вместо инженерной работы (то есть занимаются ли в ходе «инжиниринга» изменением конструкции системы, или это делают в ходе какой-то другой «инженерии»).

Самое современное из несколько устаревших определений системной инженерии дано в Guide to the Systems Engineering Body of Knowledge (руководство по корпусу знаний системной инженерии¹). Короткое современное определение (A transdisciplinary and integrative approach to enable the successful realization, use, and retirement of engineered systems, using systems principles and concepts, and scientific, technological, and management methods.) — это трансдисципли-

¹ http://www.sebokwiki.org/wiki/Guide_to_the_Systems_Engineering_Body_of_Knowledge_%28SEBoK%29

нарный и интегративный подход и способы поддержки успешных воплощения, использования и вывода из эксплуатации инженерной системы, используя системные принципы и понятия, и научные, технологические и менеджерские методы работы¹). В этом определении можно подчеркнуть:

- **Успешные воплощение, использование и вывод из эксплуатации инженерной системы** — это те практики, которые поддерживает системная инженерия как особый вид труда. Слово «успешные» (successful) тут крайне важно, и имеет терминологическое специальное значение. Оно означает, что проект учитывает ролевые предпочтения как затрагивающих систему и её проект людей, так затрагиваемых системой и её проектом людей. Если предпочтения всех этих людей в ролях заказчиков, плательщиков, пользователей и других (потребности вредоносных ролей, например, воров, учитываются с обратным знаком) учтены, то это и будет «успех». Тем самым успех тут определяется не бытовым, или финансовым, или экологическим или ещё каким образом, а именно через приемлемость результата проекта для множества людей-в-ролях, **успех определяется как «договорились со всеми, все довольны».**

- Слово «системы» используется в очень специальном значении: это «системы» из системного подхода, термин. Для системной инженерии слово «система» примерно то же, что «физическое тело» для ньютоновской механики — если вы сказали про компьютер «физическое тело», то это автоматически влечёт за собой разговор про массу, потенциальную энергию, модуль упругости, температуру и т.д., но уж никак не цену и не быстрое действие самого компьютера. Если вы сказали «система» про компьютер, то это автоматически влечёт за собой разговор про системные уровни, задействованные в работе над компьютером и с компьютером роли и их предпочтения в важном (важных характеристиках компьютера, concerns), требования и архитектуру,

¹ http://sebokwiki.org/wiki/Systems_Engineering_%28glossary%29

жизненный цикл системы и т. д. Все эти понятия будут подробно рассмотрены в нашей книге.

- Трансдисциплинарный и интегративный/междисциплинарный подход — системная инженерия претендует на то, что она работает со всеми остальными предметными инженерными специальностями (впрочем, не только инженерными). **Трансдисциплинарность** (transdisciplinary) означает внешность, «потусторонность» по отношению к самым разным другим дисциплинам, а не нахождение в одном ряду, «между» другими дисциплинами. Трансдисциплинарность — это очень сильное заявление, оно означает, что системная инженерия входит во множество самых разных других прикладных практик, она не «равнопредставлена» с ними, а используется прямо внутри рассуждений этих дисциплин. Системная инженерия в силу своей трансдисциплинарности может в одну упряжку впрячь коня и трепетную лань (например, людей в ролях инженеров-механиков, баллистиков, криогенистов, психологов, медиков, астрономов, программистов и т. д. в проектах пилотируемой космонавтики, которые с использованием системноинженерных понятий будут координировать свои работы). Междисциплинарность означает, что использование системной инженерии объединяет труд людей, работающих по самым разным прикладным практикам.

- Слово **«воплощение»** (realization, «перевод в реальность») означает буквально это: создание материальной (физической, т.е. из вещества и полей) успешной системы. Речь идёт об изменении физического мира, дело не ограничивается только проектированием и другой информационной работой, проект выходит в физическую реальность и меняет её.

- **Использование принципов и понятий системного подхода** говорит само за себя. Не используются эти понятия — не системная инженерия!

- **Методы работы** системная инженерия берёт не только **научные**, но и технологические (полученные методом проб и ошибок), и даже **менеджерские** (но не, например, религиозные).

По-английски «системная инженерия» — systems engineering, хотя более ранние написания были как system engineering. Правильная интерпретация (и правильный перевод) — именно «системная» (подразумевающая использование системного подхода) инженерия, а не **инженерия систем** (engineering of systems) — когда любой «объект» обзывается «системой», но не используется системный подход во всей его полноте. Под инженерией систем¹ (например, control systems engineering, manufacturing systems engineering) понимаются обычные инженерные специальности, там легко выкинуть слово «система», которое лишь обозначает некий «научный лоск». Предметные/прикладные (не системные) инженеры легко любой объект называют «системой», не задумываясь об осознанном использовании при этом системного мышления, то есть не используя системный подход и не согласовывая предпочтения самых разных проектных ролей в важных характеристиках системы и её проекта. В самом лучшем случае про систему предметные инженеры скажут, что «она состоит из взаимодействующих частей» — на этом обычно разговор про «систему» и «системность» заканчивается, он не длится больше двадцати секунд, понятие «система» тут означает примерно то же самое, что «физическая система». Занимающиеся «инженерией систем» очень полезны и нужны, но они не системные инженеры.

А вот из системной инженерии квалификатор «системный» без изменения смысла понятия выкинуть нельзя. Неформально определяемая **системная инженерия — это инженерия с системным мышлением в голове** (а не любая инженерия, занимающаяся объектами, торжественно поименованными системами просто для добавления указания о сложности этих объектов и научности «как в физике» в их описании).

¹ см. проф. Derek Hitchins, «Systems Engineering vs. Engineering of Systems — Semantics?», <http://systems.hitchins.net/profs-blog/systems-engineering-vs.html>

Интегральность/целостность (полнота охвата всех частей целевой системы согласованным их целым, многоуровневое разбиение на части-целые), трансдисциплинарность (использование самыми разными дисциплинами рассуждений системной инженерии) — это ключевое, что отличает системную инженерию от всех остальных инженерных дисциплин. Роль системного инженера отличают по тому, что человек в этой роли занимается всей системой в целом в разбиении на много уровней вниз и вверх от границы системы, а не только отдельными частями системы или только отдельными инженерными (теплотехника, электротехника) или менеджерскими (операционный менеджмент, лидерство) прикладными дисциплинами.

Более длинное определение системной инженерии включает ещё одну фразу: «Она фокусируется на целостном и одновременном/параллельном понимании потребностей проектных ролей; исследовании возможностей; документировании требований; и синтезировании, проверке, приёме и постепенном появлении инженерных решений, в то время как в расчёт принимается полная проблема, от исследования концепции системы до вывода системы из эксплуатации»¹.

Системная инженерия поначалу применялась главным образом для борьбы со сложностью аэрокосмических проектов, и она была там крайне эффективна. Для того, чтобы маленький проект уложился в срок и бюджет, нужно было на системную инженерию потратить 5% проекта, что предотвращало возможный рост затрат проекта на 18%. Для средних проектов на системную инженерию оптимально тратить было уже 20% усилий всего проекта, но если не тратьте — возможный рост затрат проекта

¹ Вторая фраза в определении системной инженерии из SEBoK: It focuses on holistically and concurrently understanding stakeholder needs; exploring opportunities; documenting requirements; and synthesizing, verifying, validating, and evolving solutions while considering the complete problem, from system concept exploration through system disposal.

был бы 38%. Для крупных и очень крупных проектов оптимальные затраты на системную инженерию оказались 33% и 37% соответственно, и это для того, чтобы предотвратить возможный рост затрат проекта на всяческие переделки плохо продуманного 63% и 92% соответственно¹.

Системная инженерия с её практиками в простых небольших проектах «на одного человека» почти не даёт эффекта (там всё хорошо продумывается «в уме» и не требует особых мыслительных практик, не требует многочисленных согласований важных характеристик системы и проекта), но оказывается ключевой в сложных и очень крупных проектах: без системного мышления в них допускаются ошибки, которые потом оказывается очень дорого переделывать. Без системного мышления сталкиваться со сложностью согласно упомянутому в предыдущем абзаце исследованиям выйдет чуть ли не вдвое дороже за счёт дополнительной работы по переделкам допущенных ошибок.

Люди, которые выполняли в проектах роль системных инженеров, строили своё инженерное мышление на основе системного мышления.

В результате системным инженерам удалось выполнить сверхсложные проекты — например, они в 1969—1972 году отправили на орбиту вокруг Луны 24 космонавта, а по самой Луне пешком ходили 12 человек². Да что там пешком, рекорд скорости по Луне на луномобиле составил 18.6 км/час, при этом люди уезжали от ракеты на Луне на расстояние больше 7 километров! Достижения современной космонавтики, думаю, тоже не нужно рекламировать, даже с учётом того, что инженерное развитие в этой области было существенно искажено военными проектами, а инженеры развращены государственным финансированием. Но сложность космических проектов

¹ Цифры из <https://yadi.sk/i/jBxY4Ny5w7j09g>

² https://en.wikipedia.org/wiki/Apollo_program

не позволяла добиваться успехов «обычной инженерией». Так, советская школа инженерии не смогла повторить достижений лунной программы, не смогла повторить многих и многих достижений планетарных программ, которых достигли в NASA. Конечно, у отечественной космонавтики есть и отдельные достижения (например, удачные ракетные двигатели), но при росте сложности проекта в целом неудачи начинают резко перевешивать достижения — типа четырёх неудач лунного старта Н-1¹.

Тут нужно отдельно оговорить, что всё это были достижения ещё первого поколения системного мышления, когда не обращали внимания на успешность системы как удовлетворения предпочтений в важных характеристиках системы и проекта для самых разных проектных ролей. Космические программы имели астрономические бюджеты, и критиковались за то, что вместо помощи больным и голодным людям деньги выкидывались на удовлетворение каких-то политических амбиций (это было верно и для США, и для СССР, поэтому лунные старты и были прекращены на десятки лет!). В книге будет подраздел о том, почему государственные проекты не могут быть успешными по критериям самой системной инженерии.

Тем не менее, технический успех (работоспособность сложных технических систем, если не обращать внимания на цену, заплаченную налогоплательщиками за эту работоспособность) в аэрокосмических программах США был поразительным.

Метод работы западных аэрокосмических инженеров — именно системная инженерия, т.е. инженерия с использованием системного мышления. Системные инженеры (и отчасти программные инженеры) уточняли и развивали положения системного подхода, проверяя их действенность в сложных проектах, а самое важное из этих уточнённых и обновлённых положений попало в международные инженерные стандарты.

¹ <https://ru.wikipedia.org/wiki/H-1>

По иронии судьбы, стагнация системной инженерии от государственных и военных проектов наблюдается и прямо сейчас. Так, на международном симпозиуме INCOSE в 2021 году собралось много системных инженеров из военных и государственных проектов, и демонстрировались умеренные инженерные достижения. Но не было никаких докладов от SpaceX, хотя фронтир системной инженерии демонстрирует сегодня именно эта фирма. Системная инженерия перестала развиваться в ассоциации, состоящей по факту из чиновников-инженеров, её развитие переместилось в реальные коммерческие проекты. Системное мышление развивается в таких проектах, как становящиеся автономными автомобили Tesla, инфраструктура быстрого космического интернета StarLink от SpaceX, суперкомпьютеры для искусственного интеллекта от NVIDIA и Google.

В отличие от многих и многих вариантов системного подхода, «системноинженерный вариант» в начале 21 века был проверен тысячами сверхсложных проектов, обсуждён десятками тысяч инженеров, унифицирован и доказал свою эффективность на деле. Он не имеет авторства (ибо в его создании участвовало множество людей), он не является «оригинальным исследованием», он не изобретает велосипеды в части самого системного подхода. Он просто отражает всё самое важное, что было накоплено системным движением за десятки лет и оказалось практичным и относительно легко применяемым на практике десятками тысяч людей.

Подробнее про системную инженерию и её вариант системноинженерного мышления можно прочесть в учебнике «Системноинженерное мышление» 2015 года¹. Наша же книга посвящена версии системного мышления, универсальной для инженеров, менеджеров, предпринимателей, людей творческих профессий и остальных сфер деятельности.

¹ https://techinvestlab.ru/files/systems_engineering_thinking/systems_engineering_thinking_2015.pdf

Вдобавок к инженерам «железных» и программных систем, системным подходом и его стандартами заинтересовались инженеры и архитекторы предприятий (enterprise engineers и enterprise architects), они начали адаптировать применение системного подхода к задачам менеджмента, а потом и к задачам предпринимательства.

Решающим в выборе для нашего учебника именно этого (из стандартов системной инженерии) варианта системного подхода является его ориентация на человеческую деятельность, на труд по изменению окружающего мира, а не просто на «понимание», «исследования», «анализ», «науку». **Анализ-понимание полезен только в контексте последующего синтеза-созидания или изменения чего-то в нашем физическом мире, в контексте изменяющего физический мир к лучшему труда по созданию новых и модернизации уже имеющихся систем.**

Наш учебник представляет тот вариант системного мышления, который изначально ориентирован на успешное создание систем (помним о специальном смысле слова «успешные»!) — будь это «железные» системы (самолёт, атомная электростанция), программные системы, биологические системы (клетки и организмы — ими занимается системная биология, генная инженерия), системы-предприятия (организационные системы), или даже такие нестандартные системы как танец или марафонский бег.

СИСТЕМНОСТЬ И СИСТЕМАТИЧНОСТЬ

В системной инженерии подчёркивается, что она одновременно **системна** (systemic) и **систематична** (systematic).

Под системностью её понимается следование системному подходу — **специальному трансдисциплинарному (внешнему по отношению к любой предметной дисциплине, но глубоко проникающему в эту предметную/прикладную дисциплину) понятию концептов, обращающему внимание на главное, о чём нужно подумать в первую очередь.** Для этого используются спе-

циальные понятия системного подхода, рассматриваемые в нашем курсе/книге в следующих разделах — «системный уровень», «жизненный цикл» и др.

Систематичность — это совсем другое, это просто честное формальное (а не содержательное) обращение внимания на то, на что внимание нужно обратить. Если вы «формально» (то есть без учёта содержания) не пропускаете во внимании и действии какие-то объекты, которые должны затронуть, то вы систематичны. Дисциплину (во всех смыслах этого слова — и предметную, и административную) нужно чтить. И честно выполнить все трудные мыслительные ходы, выполнить рекомендуемые рассуждения, «чтобы было». Если требуется заполнить каждую клеточку таблицы 10*10, то нужно сосредоточиться, собраться — и систематично (то есть полностью и в заданном порядке) заполнить. Это не системно, но это систематично. Это занудно и требует времени. Систематичность вовсе не подразумевает системности. Можно систематично поставить крестик на каждой двадцать четвёртой странице этой книжки, не пропустив ни одной такой страницы, и доведя дело до конца книги, но системности никакой в этом не будет, то есть не будет использования понятий системного подхода.

Системность — это про содержание мышления, про понятия/концепты системного мышления. Это содержание чеклиста, который определяется системным подходом, и который нужно прочесть своим мышлением — обратить внимание на концепты системного подхода (например, нужно найти целевую систему среди всех систем). Систематичность — это про документацию и предметы окружающего мира, т.е. про то, что ни один пункт какого-то (возможно, совсем не системного) чеклиста не будет пропущен, все намеченные работы выполнены, результаты этих работ документированы.

Систематичность сразу подразумевает огромное количество всякой (содержательно нужной и содержательно не нужной, хотя это может быть «нужным» для каких-то администраторов, «нужным по форме») умственной работы, причём документируемой:

вгрызание в какие-то детали с упорством маньяка. Системность повышает вероятность, что это важная работа, а не сумма важной и зряшной. Системность и систематичность живут рука об руку, они в балансе¹.

Важность систематичности относится не только к практике системного мышления. Систематичность нужна для любых деятельности. Человек, занимающийся системной соматомеханикой² может сколько угодно «знать головой», как налаживать себе роскошное подвижное тело. Но если он систематично не будет делать предписанных практикой «пять подходов по 30 секунд вытяжения», так же систематично не определив перед этим, какое место в теле у него наиболее проблемное, чтобы эти пять подходов наносили непоправимую пользу, то это не будет означать, что он практикует системную соматомеханику. Он может даже будет системен (в мышлении использовать понятия системного подхода), но не систематичен: будет пропускать важные действия в мышлении, важные действия в физическом мире. **Для получения результатов в проектах любого сорта нужна не только системность, но и систематичность. Одновременно. Дисциплина мышления и дисциплина действия. Чекнуть предписанное системным мышлением (системность), чекнуть всё предписанное без пропусков (систематичность).**

¹ https://incoseuk.org/Normal_Files/WhatIs/Systems_Engineering, https://www.researchgate.net/publication/327073164_Envisioning_Systems_Engineering_as_a_Transdisciplinary_Venture

² Цепочка текстов «Системный фитнес», <https://ailev.livejournal.com/1429126.html>, в 2021 году это было переименовано в «системную соматомеханику», ибо в основе лежит механика (понимаемая как механика в физике: статика и динамика) сомы (человеческое тело, ощущаемое изнутри самим человеком, а не внешним наблюдателем).

НАШ ВАРИАНТ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА

Вариант системного подхода, который мы излагаем в нашей книге, основан главным образом на материале инженерных стандартов и публичных документов¹, а также стандартов инженерии и архитектуры предприятий: именно оттуда мы брали основные схемы, основную терминологию, и только чуть-чуть адаптировали эти схемы так, чтобы была очевидна их связь друг с другом.

Опора на стандарты важна и потому, что сами стандарты и публичные документы регулярно, раз в несколько лет, пересматриваются. Это позволяет не отстать от жизни, как на десятки лет уже отстали тексты общей теории систем (ОТС), которые во множестве можно найти в книжных магазинах и в Сети даже сегодня. Когда-то устареет и наш вариант системного подхода, но при опоре на регулярно пересматриваемые стандарты и публичные документы это можно будет заметить (как заметили мы относительно недавний переход от «междисциплинарности» к «трансдисциплинарности» в системной инженерии).

¹ Публичный документ — это стандарт, для которого не определена процедура проверки соответствия стандарту. А так всё остальное совпадает: спецификация выпускается каким-то коллективом, регулярно пересматривается. Публичные документы служат для целей информирования, распространения каких-то знаний, а не для унификации.

Наш вариант системного подхода опирается на следующие версии стандартов и публичных документов (этот список далеко не исчерпывающий, приведены лишь главные источники¹):

- Стандарт **ISO/IEC/IEEE 15288:2015 Systems and software engineering – System life cycle processes** задаёт само понятие системы и жизненного цикла, различает целевую систему, системы в окружении и системы создания, вводит понятие практик жизненного цикла.

- Обобщенный с исключительно рекомендаций по созданию архитектурной документации до полного документирования системы стандарт **ISO/IEC/IEEE 42010:2011 Systems and software engineering – Architecture description** привносит множественность описаний и деятельностный подход. Это «поворот мозгов» от редукционистского подхода одностороннего описания к системному подходу, подразумевающему множественность связанных описаний, находящихся в различных информационных системах.

- Обобщенный от программной до системной инженерии стандарт **OMG Essence 1.2:2018 – Kernel and Language for Software Engineering Methods** задаёт метод описания жизненно-

¹ Для многих из этих стандартов есть русскоязычные их официальные варианты в виде ГОСТ, но мы на них не опирались. Во-первых, нас больше интересуют международные, а не национальные стандарты. Мы надеемся, что наш учебник будет использоваться не только в России, и полученные из него знания будут универсальными для разных стран. Во-вторых, переводы международных стандартов для целей их «гостирования» выполняются в порядке хозяйственных договоров без особого внимания к их качеству и гармонизации использованной в разных международных стандартах терминологии. Поэтому мы не используем термины, определяемые переводными ГОСТами. В-третьих, международные стандарты непрерывно пересматриваются, и переводы обычно отстают от текущего содержания стандартов, они доступны только для прошлых неактуальных версий.

го цикла и его практик. Этот стандарт также вводит в управление жизненным циклом практику чеклистов/контрольных вопросов.

- Стандарт **IEC 81346—1:2009 Industrial systems, installations and equipment and industrial products – Structuring principles and reference designations – Part 1: Basic rules** используется для минимально необходимого описания структуры и системы обозначения сложных инженерных объектов, задавая принципы кодирования систем и их частей. Это фундамент для управления конфигурацией в ходе жизненного цикла. Кроме того, этот стандарт различает три вида описаний: функциональное (functional), продуктное (product) и мест (location), хотя и не затрагивает необходимость стоимостного (cost) описания, обязательного для сегодняшнего системного мышления.

- Стандарт **ISO 15926—2:2003 Industrial automation systems and integration – Integration of life-cycle data for process plants including oil and gas production facilities – Part 2: Data model** служит для моделирования данных развёрнутых (полных) описаний инженерных объектов. Поддерживает интеграцию данных различных информационных систем жизненного цикла инженерных объектов.

- Публичный документ **NIST PWG Cyber-Physical Systems (CPS) Framework Release 1.0 (2016)** уточняет способы описания для киберфизических систем, вводит классификацию аспектов для важных характеристик систем/предметов интереса проектных ролей.

- Публичный документ **Guide to the Systems Engineering Body of Knowledge (SEBoK)** даёт нам определение успешной системы и множество других определений системного подхода.

Мы гарантировали универсальность нашего варианта системного мышления тем, что на деле использовали его в самых разных проектах — инженерных, менеджерских, предпринимательских, педагогических, культурных, искусственного интеллекта и т. д.

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА

Вот основные концепты/понятия варианта системного подхода и некоторых других мыслительных трансдисциплин, описываемого в нашем учебнике. Именно эти понятия будут подробно описаны в последующих главах книги/курса:

Привязка к физическому миру (эти понятия не собственно системного мышления, они взяты из онтологии, но необходимы для понимания системного мышления):

- физический объект, занимающий место в пространстве-времени
- воплощение (физические объекты) против их описаний и документов
- изменения (процессы, проекты, кейсы) как физические объекты
- события как физические объекты
- ролевой/функциональный объект и его физичность
- софт как физический объект (исходный код как описание софта)
- предприятие/оргзвено как физический объект
- части во времени
- методологическое время против времени жизни системы
- при совпадении места/объема двух объектов в пространстве-времени — это один объект (экстенсionalизм)
- отношение состава (composition, «часть-целое», разбиение) физических объектов

Деятельностная субъективность описания системы (это тоже не системное мышление, это главным образом методология, учение о деятельности агентов, в том числе актёров, играющих деятельностные/трудовые/организационные роли):

- деятельность, театральная/игровая метафора
- трудовая/проектная/деятельностная/орг роль

(стейкхолдер): внешняя, внутренняя/командная.

- ролевые: предмет интереса/важная характеристика, интерес/предпочтение
- агент/актёр/актор, его намерение
- успешная система

Системное разбиение:

- системы системного подхода против физических систем, систематики («система Линнея») и методологии («система Станиславского»)?
- система, системный уровень, системное разбиение
- эмерджентность/системный эффект
- виды систем: целевая, наша, подсистема, надсистема, окружение (системы в окружении), создание (системы создания)
- имя системы (по роли/функции)
- чёрный и прозрачный ящики
- требования, потребности, ограничения, архитектура
- проверка и приёмка

Описание и документация системы:

- описание (definition) системы
- документация системы (description)
- потребности (внешних проектных ролей)
- ролевое/частное описание (view)
- ролевой метод описания (viewpoint)
- модель, мета-модель, мульти-модель, мега-модель
- проекторный и синтетический подходы к описанию систем

Функциональные и конструктивные части системы, размещения и ресурсы:

- разбиения: функциональные, конструктивные/модульные/продуктные, размещения/пространственные, стоимостные
- функциональная часть: порт, потоки/связи

- конструктивная часть: интерфейс, платформа
- пространственная часть/размещение
- ресурсная часть/стоимость
- архитектурное решение, требование, документация
- архитектурный синтез (разбиений)

Жизненный цикл:

- жизненный цикл системы, проекта
- работы, стадии жизненного цикла
- труд/практика/метод/методология
- дисциплина/теория/объяснение
- технология/рабочие продукты
- модель/вид жизненного цикла: водопад, спираль
- V-диаграмма, диаграмма ромба

Системная схема проекта (модифицированный стандарт OMG Essence):

- альфа, подальфа
- основные альфы: внешние проектные роли, возможности, воплощение системы, описание системы, работы, команда, метод
- области важного: предпринимательская, инженерная, менеджерская
- состояния альфы как контрольные точки, чеклисты (контрольные вопросы) к состояниям альф

Этот набор понятий/концептов системного подхода удивительно компактен: самый сложный мир самых разных ситуаций представляется относительно небольшим числом понятий, а сам набор этих понятий выбран так, чтобы мир представлялся менее сложным, чтобы о мире было проще мыслить. Учебник в последующих разделах подробно описывает эти понятия и связи между ними как объекты и отношения предметных областей методологии и системного мышления. Именно на эти понятия опираются инженерные, менеджерские и другие пред-

метные рассуждения, когда говорят об их опоре на системный подход и рассмотрение методов ведения проектов по созданию успешных систем, изменения мира к лучшему.

ТЕРМИНОЛОГИЯ

Терминология¹ — это дисциплина о словах, которыми обозначают **понятия** (concepts, «понятия» и «концепты» для нашего учебника вполне могут выступать термином-синонимом, хотя в некоторых научных школах слова «концепт» и «понятие» означают разное). Это дисциплина не о самих понятиях, а именно об обозначениях понятий словами, о **терминах**. В каждом языке сформировались (или продолжают формироваться) наборы терминов для разных областей человеческой деятельности. И в этих областях термины приобретают значения, т.е. обозначают (они ведь «знаки», поэтому «обозначают») какие-то находящиеся в реальном мире, а не мире знаков, объекты и их отношения. Термин — это всегда только слово. Слова нам нужны только для того, чтобы договориться о концептах/понятиях, сами слова не важны. Так, совершенно неважно, используете ли вы термин «концепт» или термин «понятие», если имеете в виду одно и то же: значение того, что обозначается термином. Диалектов много, споры о том, какой из диалектов и есть «настоящий язык» (переводить ли viewpoint в системном мышлении как «точка зрения», «метод описания», так и говорить «вьюпойнт», или всё-таки переводить «аспект», как будет **«единственно правильно»**?!) — они бесплодны, в этих спорах не договориться.

Споры между людьми по самым важным вопросам жизни и смерти оказываются часто всего-навсего «спорами о терминах»: один и тот же объект называется по-разному в разных диалектах и люди считают, что речь идёт о разных объектах (в философской литературе приводится пример Венеры: в одних

¹ <https://ru.wikipedia.org/wiki/Терминология>

странах её называют «утренняя звезда», а в других — «вечерняя звезда»), или наоборот — одинаковые слова означают совсем разные объекты («косил косой с косой косой косой на косе»).

В таких «спорах о терминах» важно уметь их распознать, а затем формулировать в речи свои представления о мире как ожидаемые наблюдения, а не через терминологию из вашего любимого диалекта, даже если она берётся из вашего любимого стандарта или словаря. У вашего собеседника может оказаться любимым другой стандарт или словарь, он может говорить на другом неведомом вам диалекте — и вы не договоритесь по существу вопроса, просто застрянете на обсуждении слов.

Использование самих терминов, если о них ещё не договорились, будет бесполезным. Если вы чувствуете, что не можете договориться по какому-то простому термину, попробуйте табуировать его употребление, то есть продолжайте разговор без использования этого термина, просто чтобы не путаться. Когда разберётесь, просто назовите разные объекты, которые вы называли с вашим собеседником одним термином, разными словами, и продолжайте разговор — «споров о терминах» больше не будет.

Использование каких-то определённых терминов для определённых понятий (например, «саг», и никогда «автомобиль») означает принадлежность к какому-то определённому сообществу, предпочитающему использовать именно эти термины, говорящем на своём диалекте. Но есть и другие сообщества, для этого же концепта использующие другие термины. Важно договориться, а термины не важны. В системном мышлении, которое трансдисциплинарно этому уделяется огромное внимание: **мышление идёт в понятиях, а не в словах.**

Никогда не видевшие автомобиль люди племени мумба-юмба вообще не знают понятия, обозначаемого словом «автомобиль». Но знающие про существование автомобилей и не знающие терминов друг друга люди не смогут договориться, если один будет требовать «саг», а второй — предлагать не понимаемый собеседником «автомобиль». Но тут хотя бы будет подозре-

ние, что проблема в разных языках. Но вот когда один требует тачку, а ему дают садовую тачку, а не ожидаемый им автомобиль — и настаивают, то вот тогда в реальных проектах появляется проблема.

Терминология преходяща, концепты выживают дольше. Во времена СССР компьютер назывался ЭВМ (электронно-вычислительная машина), а теперь уже «компьютер». Значение не менялось, поменялась речь — то есть поменялся термин, слово-обозначение. И речь-слова меняются много быстрее, чем обозначаемые ими предметы-значения: слово «тачка» уже выходит из моды для значения «автомобиль» как «недостаточно сленговое» в определённых кругах и постепенно заменяется там словом «тачило».

Терминология может существенно отличаться не только для разных профессий, но и для разных подпрофессий внутри одной профессии. То, что называется «программным средством» для системных аналитиков, работающих по ГОСТам, будет «приложением» для продавцов иностранного софта, или «софтиной» для разработчиков.

Если невозможность договориться о терминах становится реальной проблемой, мешающей реализации проекта — к её решению есть разные подходы:

- Терминологический фашизм, когда только один термин объявляется кем-то правильным, а все остальные — неправильными (сравните с «Grammar nazi»¹). У этого подхода есть много вариантов — безусловно требовать единственности используемого термина (отсутствия синонимов для термина), требовать ещё и соответствия принятым стандартам (определённым ГОСТам, например, а не учебникам или другим ГОСТам), требовать использования отечественного корня в слове («мокроступы» вместо «галоши»), настаивать на соблюдении традиций («кало-

¹ http://lurkmore.to/Grammar_nazi

ши», но никак не «галоши»), игнорировать современные нормы («кофе» только мужского рода, хотя уже давно даже по словарям можно и среднего).

- Терминологический пофигизм, когда на слова и их значения вообще не обращают внимания. Никаких «заведомо правильных вариантов» или ссылок на авторитетные источники. При этом, если значение слова меняется по ходу разговора, это часто вообще не отслеживается, речь оказывается «не строга».

- Строгость значений с разрешением самых разных терминов-синонимов, обозначающих одно понятие. При таком подходе обычно очень долго договариваются, какое именно понятие имеется в виду, а затем уже используются любые слова-термины для указания на оговорённое понятие. При этом вполне допускается использование терминов, предпочитаемых разными профессиональными-речевыми сообществами. Более того, можно и не пользоваться точными терминами, если будет понятно значение. Так, при обсуждении автомобиля вполне можно обозвать его «самобеглой тележкой», и это не будет преступлением, если адресат сообщения поймёт, о чём речь.

В нашей книге будет использоваться **подход, добивающийся строгости понимания значений (понятий), при возможном использовании разных обозначений-синонимов, то есть разных терминов для одного и того же понятия**. Назови хоть горшком, хоть используй пять терминов из пяти разных стандартов на трёх языках — но договорись о том, какое именно понятие/концепт ты имеешь в виду: собеседники должны понять не термин, а что ты под этим термином подразумеваешь. Это обсуждается семантикой, учением о значениях. Системное мышление основано не только на теории понятий и онтологии, оно основано и на семантике. Для беглого владения системным мышлением нужно как-то быть знакомым и со всеми другими дисциплинами интеллект-стека.

Когда будут указываться несколько терминов-синонимов, они в нашем курсе/книге будут писаться через слеш: программ-

ное средство/software/application/приложение/софтина. А на то, что у каждого из этих синонимов немного разные оттенки значения, мы не будем обращать внимания — или специально обсуждать эту разницу, если она вдруг важна и речь идёт не о терминологическом отличии, а содержательном отличии, разнице понятий.

Критика такого подхода тоже не редкость: «Как вы можете учить людей, когда одно и то же обозначаете разными словами? Вы должны выбрать один термин, и затем использовать в книге для обозначения какого-то понятия только его! Так всегда делают в учебниках!». Ответ на эту критику прост: в жизни вы имеете все шансы встретить людей, которые обозначают понятия не теми терминами, которые введены в книгах, в том числе в нашей книге. Так что наша книга будет вас тренировать на использование самых разных терминов для одних и тех же понятий: обращайтесь внимание — вас не просто учат новым словам, не просто заставляют зубрить терминологию. Вам стараются дать знания о понятиях и их связях, под какими бы словами-терминами эти понятия ни скрывались.

Про то, что указание многих синонимов замедляет чтение текста, мы уже писали: медленное чтение и размышление над прочитанным улучшают результат обучения. Если текст читается быстро и гладко, то не факт, что через три дня из этого текста что-нибудь вспомнится.

СЛОВА-ТЕРМИНЫ ВАЖНЫ И НЕ ВАЖНЫ

Парадокс «обращайте внимание на слова и не обращайтесь на слова» возникает тогда, когда с одной стороны, мы признаём, что у нас основной способ получения информации о мире — это слушать или читать чью-то речь, изучать какие-то формальные модели, которые тоже описываются словами. Не знаешь терминов — не поймёшь, о чем тебе говорят. С другой стороны, слова не важны, термины ничто — нас-то интересуют обозначаемые ими концепты! И обольщаться цепочками букв

на бумаге или цепочками фонем в устной речи (терминами) нельзя: у разных людей они означают разное.

Мы используем слова-термины в два приёма:

- Они дают наводку на то, в какой роли какой деятельности пьесы говорит сейчас человек, употребляющий эти слова. Если кто-то говорит «баланс», «отчёт о прибылях и убытках», «кассовый разрыв», то мы догадываемся, что перед нами человек в роли финансиста, бухгалтера или экономиста. И дальше мы должны быть аккуратны в выборе слов-терминов: в этой предметной области «затраты», «издержки» и «расходы» означают разное (это вы должны знать из менеджерского кругозора)! Но вы предупреждены, вы уже догадались, что разговор идёт с человеком-в-роли, и будете осторожны, не будете путать эти слова. Так что слово-термин тут используем в ряду других слов терминов как маркер того, о какой дисциплине идёт речь, какие концепты используются в разговоре, концепты ведь редко используются по одиночке! Нужно смириться и считать, что окружающие вас люди говорят не столько на иностранных языках, но когда они находятся в каких-то деятельностных ролях, то используют хитрые диалекты с хитрыми значениями каких-то вроде бы знакомых слов. Это миф, что под словами естественного языка (даже если это слова-термины) скрываются в речи разных людей в разных ролях одни и те же концепты (места в пространстве смыслов¹). Особенно это верно, если говорим о переводах на русский! Переспросите его, чтобы понять, как он употребляет этот термин в своём профессиональном диалекте — пусть приведёт какие-то примеры ситуаций, где ему нужно будет использовать это слово (не просите дать определение! Это бесполезно, а часто даже вредно).

¹ Подробней про пространство смыслов, концепты и термины см. в книге «Визуальное мышление», <https://ridero.ru/books/vizualnoe-myshlenie/>

- Слово-термин обозначает какой-то концепт, и мы прицельно понимаем, какой именно — уже зная с использованием других слов-терминов, в концептах какой дисциплины искать этот концепт. И понимание обозначаемого концепта сильно зависит от того, какую деятельностную роль сейчас отыгрывает ваш собеседник — то есть о концепте вы можете судить, рассмотрев эту роль и используемую этой ролью дисциплину. Если речь идёт о «балансе», то вы сначала по другим словам-терминам в речи должны понять, что речь идёт не о балансе административных сил в правлении компании (бытовое использование слова), не о балансе спроса и предложения (роль экономиста, термин из дисциплины экономики), а бухгалтерском балансе (термин из дисциплины бухгалтерского учёта). И дальше вы должны говорить с этим человеком (пока он находится в выявленной вами его роли), используя его диалект. Продолжайте говорить на его языке. Переучивать исполнителя роли на предпочитаемый вами для обсуждения ваших предметов интереса язык и нельзя, и вредно: вы разрушите язык, на котором исполняющий профессиональную роль человек имеет максимальную интуицию про свою предметную область — если у него есть эта интуиция. Если играет деятельностную роль случайный человек, то внятного профессионального предмета интереса у него нет, важных для него характеристик системы и предпочтений в них он не знает, «роль не выучил», слов из роли не знает, то есть профессиональным диалектом не владеет, интуиции его нет, а если и есть, то ошибочна и т. д. — тогда или меняйте исполнителя роли на другого исполнителя, или уж учите какому хотите диалекту, вложите ему в уста ваши любимые слова для каких-то концептов.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ: ГРОБИК ДЛЯ УМЕРШЕЙ МЫСЛИ

Помогут ли нам в понимании смысла/концепта, стоящего за словом, «словарные определения»? Приведение в книге глоссария, словарика? Нет, словарные определения не помогут! Об объекте ничего нельзя сказать, кроме того, как он соотносит-

ся с другими объектами. Определения чаще всего строятся «по Аристотелю», как родовидовые определения — определяет-ся, какого **рода** объект, а затем его характерные отличительные признаки как **вида** для этого рода (отношение специализации). «Апельсин — это вид рода цитрус семейства рутовые, а также плод этого дерева». В жизни такие определения помогают мало, ибо разные люди выделяют разные характерные видовые признаки, полезные для разных вариантов использования понятия, а отношения их интересуют отнюдь не родовидовые, а часть-целое, реализации, классификации и т. д. Получаются всё время ситуации работы с определениями, похожие на описываемые в анекдоте: «Чебурашка, как бы тебе объяснить, что такое вертолёт? Апельсин знаешь? Так вот вертолёт совсем на него не похож!».

Значение слова определяется не его определением, а его употреблением. Нейронная сеть человека выучивает значения слов в контексте их употребления, на примерах использования. Единственный способ уяснить себе значение понятия — это получить множество примеров его использования, каждый новый пример использования будет уточнять область значения этого понятия. Определение тут не поможет, но только запутает: чаще всего с определениями поступают просто как с поводом дать несколько контрпримеров к этим определениям.

Системное мышление не математика, дать строгое математическое определение его понятиям не получится, так что мы не будем давать поводов путаться в определениях, их противоречивости, недостаточности, неточности, многозначности. В системном мышлении определения часто — лекарство, оказывающееся болезнью. В ситуации недоговорённостей по терминологии используйте выработанные в современной философской логике приёмы:

- Если вы не хотите изменить что-то в физическом мире (и для этого объяснить, то есть разобраться с причинами и следствиями), а «найти истину», то можно вообще спор заканчивать:

споры про «истину» и «про термины» теоретически бесплодны. Если непонятно, как вы будете использовать термины для какого-то действия, изменяющего мир (а не изменяющего описания мира!), то можно и не договариваться, незачем ведь договариваться: мир не изменится и от того, что хоть как-то договоритесь, и от того, что не договоритесь. Мир если не изменится, то можно не волноваться, прекратить спорить и разойтись сразу. Если мир от результатов спора изменится (оба договорились о совместных действиях), продолжаем спорить и договариваться о следующих шагах, следующих действиях, искать объяснения (то есть обсуждать причины и следствия).

- при описании малопонятного идите не к более общим понятиям (путь «словарного определения» по Аристотелю), а «заземляйтесь» (grounding): описывайте физический мир. Уход в более общие понятия и описание непонятного как специализаций (аристотелевские определения «Х это Y с такими-то особенностями») — тупик. Чтобы договориться, нужно конкретизировать, а не абстрагировать — не сводить к известному спорщикам общему, а сводить к известному спорщикам физическому. Для частного подразумевается противостоящее ему плохо определимое общее или обсуждается непонятно как реализованная в физическом мире «функциональная роль». Абстрактные понятия — это чаще всего ролевые/функциональные объекты, они отсылают к какому-то поведению. Поведение обсуждать всегда сложнее, чем статичные физические вещи. Поэтому для каждого ролевого объекта подставляем в виде примера какой-то понятный физический объект, играющий роль функционального объекта — и обсуждаем его поведение, оно сразу будет понятно).

- на время разговоров сам термин табуируйте¹ (всё равно его использование не ведёт к пониманию, и только замедляет дискуссию), вместо него давайте развёрнутые формулировки. Если вам нужно продолжать разговор, а слово собеседнику явно

¹ <https://lesswrong.ru/wiki/Табуирование>

непонятно, то продолжайте дискуссию без этого термина! В дискуссиях не про термины, а про дело, термины нужны просто для того, чтобы обсуждение было компактнее, но сам спор о терминах убирает все преимущества использования термина, без него оказывается проще. Если спор превращается в спор о терминах (про «истину», и «как правильно называть», а не про «что делаем»), то это тревожный симптом бесплодного спора, немедленно прекращайте спорить и выходите из разговора.

При объяснении незнакомых понятий через другие незнакомые понятия помогает понимание «понятийных расстояний»¹. Эти расстояния обычно короткими не бывают: попробуйте объяснить третьекласснику как строить вольт-амперную характеристику для тиристора. Расскажите ему про вольт, ампер, характеристику и что такое тиристор. С третьеклассником все всё понимают, но два профи часто свои «тиристоры» и прочие сепульки пытаются всё-таки «определить» в трёх фразах — разница в возрасте ведь небольшая, и кажется, что объяснить можно. Но нет. Сколько определений не давай, пользы от них не будет. Бойтесь, бойтесь определений — это то лекарство, которое оказывается болезнью чаще, чем лечит. Георгий Петрович Щедровицкий любил повторять: «Определение — это гробик для умершей мысли».

В нашей книге нет никакой опоры на определения, нет глоссария (толку с него?!). Жирным шрифтом выделены термины в тех местах текста, где много об этом концепте говорится, в том числе есть какие-то фразы, похожие на определения (но нельзя считать их именно определениями!). А потом через три-четыре предложения другие фразы, тоже похожие на определения. А потом ещё и ещё раз: текст тренирует вашу нейронную сетку в мозгу, формирует в ней значения для незнакомых слов. В пространстве смыслов для вас с каждым словоупотреблением всё

¹ https://lesswrong.ru/w/Ожидая_короткие_понятийные_расстояния

чётче и чётче определяется место понятия, скрывающегося за термином и его синонимами (ещё ведь и синонимы! Термины из других теорий, с другими оттенками значений и другими ассоциациями!). Но это всё не определения, нет. Результат такой понятийной работы по тренингу нейронной сетки живого мозга развёрнутыми текстами с использованием слов (по Витгенштейну: смысл слов определяется их употреблением! не определениями!) есть, и он обычно хорош. А от определений результат — только споры и просьбы уточнить/изменить определение. Это всё про жизнь, это не математика, где у точек нет размера, а параллельные линии не пересекаются даже в бесконечности и длины они тоже бесконечной. В жизни всё по-другому, вероятно. Системное мышление не математично (в той мере, в какой это не математика вероятностей), оно про не слишком формально устроенную и не слишком формально описываемую жизнь!

Значения терминов (да и любых других слов, даже если их не называть торжественно «терминами») определяются вероятно, а не точно — и это делается путём их употребления в разных контекстах. Догадки о значении терминов строятся путём изучения развёрнутых текстов, описывающих разные ситуации, изучения разных отношений обозначаемых этими словами концептов с другими концептами, обозначаемыми другими рядом использованными словами. При определении значений слов-терминов читаем не определения, а разбираемся прежде всего с текстами как наборами развёрнутых высказываний, содержащих интересующий нас термин (если даже речь идёт о фотографии или диаграмме, то всё равно дело закончится тем, что вы будете описывать их словами, и опираться на термины в эти описаниях).

Так что сначала всегда **разбираемся со словами-терминами (обращаем на них внимание!)**, которые нам встретились, т.е. определяем их смысл, вытаскиваем из этих слов безымянный концепт, который имеет самые разные имена в разных профессиональных языках самых разных сообществ, исповедующих са-

мые разные дисциплины и поклоняющихся самым разным словарям и другим стандартам — и **далее работаем с концептом (не обращая внимания на слова-термины! С этого момента начальные термины можно и заменить!)**.

Жизнь сложна, и мы её упрощаем, рассматривая каждый раз только пару-тройку взаимосвязанных понятий/концептов (ещё и опуская длинные дискуссии о нюансах концептов, принятых в тех или иных дисциплинах). Для этого мы уходим от дискуссий о длинных списках имён этих концептов в разных диалектах разных деятельностных сообществ. **О концептах узнаём по их терминам (термины важны! без них беда, ничего не узнаем! мычать нельзя, это неинформативно!), но никогда не придираемся к самим терминам (они для нас неважны, а важны обозначаемые ими концепты!).**

КАК ВЫБИРАЛИСЬ ТЕРМИНЫ ДЛЯ НАШЕЙ КНИГИ

Наука традиционно порождает новые термины (обозначения для появляющихся новых понятий) двумя способами:

- Бралось обычное («бытовое») слово, и нагружалось специальным («научным») значением. «Работа» в физике — отнюдь не «работа» в бытовом значении этого слова. Это самый частый способ, но он легко приводит к путанице со словами из бытовой речи. Зато для всех вновь приходящих в эту предметную область хотя бы понятно, о чём идёт речь. Если вы говорите греческое слово «эпистемология», то его нужно разъяснять, а вот «учение для исследований» — всем понятно, о чём идёт речь.

- Чтобы сделать речь точнее, термином делалось слово, для которого в бытовой речи не было известных значений. Для этого необычное для родного уха слово бралось из иностранного языка (чаще всего — с греческим или латинским корнем) и нагружалось специальным значением. Сегодня в русском языке прихватываемым словом может быть английское слово, а не латинское или греческое — в русском-то оно бытового значения не имеет.

У нас в книге термины выбраны (в том числе при переводе иноязычных текстов — стандартов, методик, учебников) для максимизации понятности их употребления в деятельности. При выборе терминов учитывалось: кто поймёт это слово, из какого он профессионального сообщества, на каком диалекте предпочитает говорить? Это другой принцип, нежели «взять термины из близкого авторам стандарта и игнорировать все другие варианты».

Например, мы легко можем использовать жаргонные слова. Скажем, «айтишник», а не «программист» — ибо нас заботит не только красота речи и привычные термины, но как можно более точное указание на значения терминов в реальном мире. Ведь «программист» более узкий термин, чем «айтишник». Администратор базы данных, модельер данных и инженер данных, системный администратор, IT-архитектор, электронщик — все они не программисты, но айтишники. Можно было бы слово «айтишник» заменить словом «компьютерщик» — кому-то это было бы ещё понятней, но кто-то стал бы возмущаться. С учётом всего этого мы могли бы написать программист/айтишник/компьютерщик — чтобы никому не было обидно и было бы понятней, какое значение всех этих терминов мы имеем в виду.

Бывает и так, что определённый термин, значение которого очень легко понять неправильно, уже закрепился в языке узкой профессиональной группы. Например, таков перевод «управление» для термина *governance*. В таких случаях в данном курсе будет использоваться наш собственный вариант, который ведёт к меньшему числу ошибок понимания. Например, *governance* будет переводиться как «подконтрольность» или «поднадзорность», или даже «присмотр», и никакие словари и стандарты тут не указ. Если какой-то «процессный стандарт» (например, системноинженерный ISO 15288) под словом *process* имеет в виду концепт, в различных других местах обозначаемый как практика/*practice* (характерной для процессов развёртки во времени в этом «процессе» из ISO 15288 нет, там перечисляются именно «практики жизненного цикла»), то в нашей книге это будет

«практика», а не «процесс». Если вы попали в сообщество людей, исповедующих «процессный подход» и говорящих на диалекте, используемом в этом сообществе, смело используйте слово «процесс» вместо слова «практика» — но знайте, что при этом вы теряете информацию по различению процессов (с пошаговой развёрткой во времени) и практик (без такой развёртки), и речь ваша будет время от времени вызывать недоумение: тогда не ленитесь уточнять значение использованного вами термина. Если мы различаем работу и практику (а мы будем различать!), то труд — это работа или практика? Мы выбираем, что труд — это практика (и на это указывает термин «разделение труда»), а не работа. И поэтому в книге/курсе мы будем стараться не считать труд и работу синонимами. Но вы легко можете найти такое сообщество, где их различать не будут, и вам нужно будет в ваших разговорах в этом сообществе это учитывать.

Очень часто за одним и тем же термином даже в одном речевом сообществе оказывается закреплено множество разных значений, поэтому уточнить значение даже очень распространённого термина никогда не бывает лишним. Например, Andries van Renssen выделил¹ следующие часто используемые сообществом айтишников значения для термина «**функция**» (function):

- подтип активности (поведения), процесса или события;
- некий объект, находящийся в определённой роли или сделанный для определённой роли;
- сама роль объекта (обычно это роль физической вещи/объекта), участвующей в активности (поведении) [Играемая роль и объект, играющий роль — это разное! Роль — Гамлет, играющий эту роль объект — Высоцкий];

¹ стр. 79 в <https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid:de26132b-6f03-41b9-b882-c74b7e34a07d/datastream/OBJ/download> (Gellish: A generic extensible ontological language — design and application of a universal data structure)

- указание на корреляцию/зависимость, обычно как на физическую связь между какими-то аспектами: «если высота растёт, то давление падает»;
- математическое отношение между числовыми объектами, определяющее их отображение друг на друга/mapping.

Это означает, что часто вместо слова «функция» можно использовать слово «действие», или «роль», или «зависимость» — и разговор от этого станет точнее!

Часто встречающийся термин **«мета»** (meta) используется в шести разных значениях, выражая шесть разных типов отношений¹:

- экземпляризация (отношение типа и экземпляра);
- группирование (отношение типа и подтипа), оно же категоризация (философская, а не из теории категорий, термин «категория» любим самыми разными речевыми сообществами, и обозначает в них разное!);
- описание (отношение описания и описываемого объекта);
- применение/стереотип (отношение шаблона и его воплощения);
- варьирование (отношение основной модели и кастомизированной);
- реализация (отношение абстрактного синтаксиса и соответствующего ему выражения. Это в информатике, ибо цитируемая работа относится к информатике. Но помним, что у нас будет и другое значение термина «реализация» — это отношение выполнения роли функционального объекта каким-то конструктивным объектом).

¹ слайд 8 в подробной презентации <http://jtc1sc32.org/doc/N1751-1800/32N1764-WG2-Tutorial-OnMOF-forSC32.ppt>

Поэтому каждый раз, встречая слово «мета» нужно разбираться, что именно из этих шести значений имелось в виду.

Никогда не заикивайтесь на выбранных другими конкретными словами-терминах, слова как цепочки букв никогда не выражают истину. Каждый раз пытайтесь понять, о чем в действительности идёт речь, какое значение слова имелось в виду в каждом конкретном случае, добивайтесь до концепта. Использование терминов из стандартов не гарантирует однозначного понимания собеседником, но и использование многозначных слов не обязательно ведёт к сложностям.

В этой книге не будет попыток дать точные определения и выбрать правильные термины. Мы постараемся передать понимание наиболее важных понятий и предложить разные слова, которыми их можно обозначать. На вопрос «сколько будет дважды два?» будут приниматься ответы и IV, и 4, и «четыре», и four. Но не нужно обольщаться: ответы «горшок», 5, «per aspera ad astra» — приниматься не будут.

ФОРМАЛЬНОСТЬ СИСТЕМОГО МЫШЛЕНИЯ

Знание в отличие от «просто фактов» — это то, что можно использовать в разных ситуациях, что можно взять с собой из проекта в проект. **Факты** же могут характеризовать конкретные проекты и объекты в них. Знание о метрах как единицах измерения общее для всех проектов. Длина пути в каком-то проекте 14 метров — это нельзя применить к другим проектам, так что это не «знание», это просто «факт».

Логика (правила рассуждений, ведущие к правдоподобным суждениям из правдоподобных посылок) науки и инженерии совсем необязательно булева/дискретна со значениями «истина» и «ложь». Современная логика вероятностна, при этом речь идёт о байесовской вероятности, а не частотной. Современная логика использует вероятностные рассуждения, а эксперименты не до-

казывают что-то или опровергают, а лишь сдвигают вероятность¹. Жизнь не состоит из «истин» и «лжи», она оценивается высказываниями о вероятностях!

Обязательно ли формально (выражено в символической форме, доступной для строгого логического вывода через значения «истина» и «ложь») системное мышление, или оно целиком неформально, т.е. интуитивно?

Главное, что нужно тут обсудить — это наличие и важность полностью неформального, интуитивного и невыразимого словами и иными знаками знания, в том числе знания о системах. Тем более что сегодня такое знание могут иметь не только люди, но и компьютеры, запрограммированные для работы в рамках коннекционистской парадигмы. Современные достижения искусственного интеллекта связаны с развитием именно «компьютерной чуйки» (а не развития логических языков программирования) в рамках машинного обучения в целом и направления глубокого обучения (deep learning) в частности.

В коннекционистской (connectionism) парадигме² знание представляется существующим не как набор связанных какими-то отношениями дискретных понятий из формальной логики, а как распределённое по множеству определённых простых однородных элементов (часто нейронов в нейронных сетях как искусственных, так и естественных).

Человеческий мозг для мышления использует нейронную сеть, а не логический вычислитель. Мозг не работает с аристотелевой или другой формальной логической системой, его вычисления вероятностны. Современные системы машинного обучения тоже используют для своей работы похожие принципы, и к ним применяются отнюдь не традиционные наработки для знаний, понимаемых как формальные модели. Объединение ме-

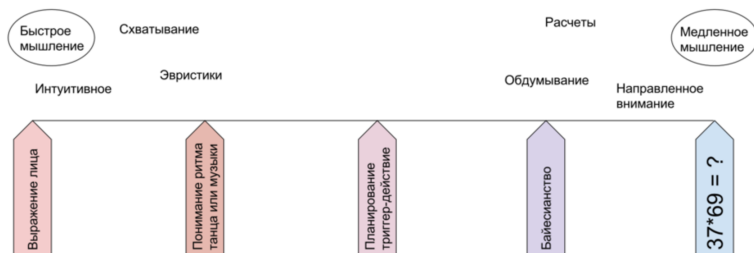
¹ См. литературу в пунктах 1 и 2 <http://ailev.livejournal.com/1311261.html>.

² См. подробнее в <http://ailev.livejournal.com/1228029.html>.

тодов формальной, «научной» работы со знаниями и методов «неформальной» интуитивной работы в нейронных сетях (искусственных или естественных, в мозгу человека — это тут неважно) представляет собой научный и технический фронтир, мы не будем касаться этих вопросов в нашей книге. Подробности на тему использования в мышлении формальных и неформальных рассуждений можно найти в книге «Визуальное мышление. Доклад о том, почему им нельзя обольщаться»¹.

Даниэль Канеман утверждает², что у человека есть два механизма мышления: быстрое малозатратное интуитивное S1 и медленное трудоёмкое S2, включающееся при появлении каких-то проблем при использовании «быстрого» интуитивного мышления.

По факту речь идёт о целом спектре мышления от интуитивного неформального через вероятностное (с какими-то оценками этих байесовских вероятностей по самым разным источникам априорных свидетельств и данных эксперимента) к классическому формальному на основе математической логики. Вот схема Прапион Медведевой, иллюстрирующая этот полный спектр:



¹ https://ridero.ru/books/vizualnoe_myshlenie/

² Даниэль Канеман, «Думай медленно... Решай быстро», https://ru.wikipedia.org/wiki/Думай_медленно..._решай_быстро

Обычно интуитивные догадки на уровне «ощущений» вытаскиваются в качестве явно сформулированных эвристик, а эвристики проверяются статистическими методами, или в случае большой удачи формальными методами. В случае подтверждения догадок формальное медленное мышление S2 о каком-то типе задач потом можно натренировать (в ходе решения множества задач) так, что оно становится автоматическим и «интуитивным» S1, не требующим особых мысленных усилий, решение этого класса задач перемещается из части спектра с «обдумыванием» и «направленным вниманием» в зону быстрого интуитивного без особого задействования дорогого ресурса сосредоточенности. У физиков появляется «физическая интуиция», у математиков «математическая интуиция», у системщиков — «системная интуиция».

СИСТЕМНОЕ ТВОРЧЕСТВО

Медленное, «формальное», рассудочное мышление при всех его достоинствах может испытывать содержательные проблемы, даже когда люди готовы тратить на него достаточно времени. Хорошо сформулированная проблема обычно содержит в себе явное формальное противоречие, которое необходимо «снять» — только в этот момент включается **творческое мышление**, только в этот момент нужно «сесть и подумать» (а не «вспомнить и применить», рутинное, автоматическое мышление). Иногда говорят, что мышление появляется тогда, когда нужно «перевести проблемы в задачи», т.е. создать список работ, которые понятно, как выполнять, и которые вместе решают проблему, снимают противоречие, убирают коллизии.

Решение проблем путём формулирования и снятия противоречий присуще и теории ограничений Элияху Голдратта («грозовая туча»¹), и методологии ТРИЗ Генриха Альтшуллера², и системомыследеятельной методологии (школа Георгия Щедровицкого³). Все эти школы мысли утверждают, что они основаны на системном подходе, отсюда и общность мыслительных приёмов.

Системное мышление ничего не говорит про то, как снимать противоречия. В нашей книге нет никаких «методов творческого мышления», таблиц решений, способов проводить мозговые штурмы, приёмов развития воображения. Чудес не бывает, думать тут приходится не меньше и не больше, чем в любых других школах мысли. Системное мышление позволяет удерживать видение всей системы в целом при решении проблем, не терять за деревьями леса, не терять за листьями дерева.

Системное мышление позволяет целенаправленным образом находить противоречия, требовать их решения, документировать эти решения. Подвести к важному противоречию, не пропустить его, не дать проигнорировать — вот задача системного мышления. А дальше нужно брать голову в руки и думать, используя разные другие методы.

ПРЕДМЕТНЫЕ СПЕЦИАЛИЗАЦИИ СИСТЕМОГО МЫШЛЕНИЯ

Системное мышление развивается по мере его употребления в разных его предметных специализациях: системной инженерии, системном менеджменте, системной химии, системной биологии и т. д.

¹ https://en.wikipedia.org/wiki/Evaporating_Cloud

² https://ru.wikipedia.org/wiki/Теория_решения_изобретательских_задач

³ <http://www.fondgp.ru/>

Есть и другие, менее распространённые специализации системного мышления. Например, есть специализация системного мышления для танцевальной импровизации Viewpoints¹, на системном подходе также основан текст «Танцевальное мышление и его развитие»².

Во всех этих многочисленных специализациях системного мышления накапливаются знания по типовым инженерным, менеджерским, танцевальным и т. п. решениям, поощряется задействование опыта этих инженерных, менеджерских или танцевальных решений. Но когда вам нужно что-то делать впервые в мире (как когда-то летели на Луну, а сейчас в SpaceX делают первые возвращаемые на Землю повторно используемые ракетные системы), то есть два варианта — изобретать что-то беспорядочно, «по интуиции», или мыслить системно, чтобы как-то последовательно ставить и решать проблемы, находить и решать противоречия, снижать риск забыть что-то важное в многолетнем проекте, выполняемом сотнями и тысячами человек.

Системное мышление помогает поделить решение проблемы между разными людьми в команде (более того, часто решение принципиально не может быть найдено одним гениальным человеком, требуется работа больших коллективов). Для этого системные инженеры, менеджеры, предприниматели, танцоры³ и другие члены команды явно обсуждают метод своей работы. При этом они не просто «генерируют основные инженерные, менеджерские, творческие решения», а «создают архитектуру системы»: основанный на системном подходе профессиональный язык системных инженеров, менеджеров и даже танцоров, позволяет быстрее, чем на бытовом языке, договариваться

¹ <https://en.wikipedia.org/wiki/Viewpoints>

² <http://ailev.livejournal.com/1332624.html>

³ Пример такого танцевального проекта, использующего системное мышление — системное моделирование социального мультиданса, <https://vk.com/buffdance>

о том, что в каком порядке делать при постановке и решении многочисленных задач в ходе создания самых разных систем — космических кораблей, организаций, танцев, т.е. всего того, что делают люди.

Итого: **системное мышление ничего не говорит про содержание мышления, только про его форму — использование концептов системного подхода при мышлении. Системное мышление управляет вниманием, а сами объекты внимания могут быть из абсолютно разных предметных областей.** Системное мышление в этом плане трансдисциплинарно: оно не затрагивает понятия прикладных дисциплин. Если прикладная дисциплина — кулинария, то системой может быть борщ. Если прикладная дисциплина — квантовый компьютер, то системой может быть квантовый компьютер. Но системное мышление будет управлять вниманием к объектам других дисциплин: указывать на важное, о чём нельзя не подумать.

Развиваемые на основе системного мышления кругозорные трансдисциплины (системная инженерия, системный менеджмент и т.д.) делают всё, чтобы и не нужно было много мыслить, а чтобы было можно просто применять в проекте уже известные технические, менеджерские, творческие решения. Не нужно изобретать с нуля то, что «требования в проекте обязательно нужно документировать». Это соображение было уже многократно обсуждено в разных проектах, изложено в учебнике, его нужно просто задействовать: если у вас инженерный проект, то требования к нему должны быть вами документированы, как и написано в учебнике! Если этого не сделать, то будет плохо, про такие «новичковые ошибки» заранее известно. Нужно экономить мышление и сразу документировать требования, не ждать, пока в проекте будут проявлены эффекты недокументированных требований. Но вот какие именно требования документируются, вот это требует размышлений, этого системное мышление и системная инженерия не скажут.

И таких буквально предписаний в системной инженерии и системном менеджменте много. Не нужно думать, что является

целью операционного менеджера. Его целью является увеличение прохода работ и исходных материалов в выходные продукты и сервисы: чем большее их число за единицу времени уйдёт из предприятия, тем больше навстречу будет денежный поток за продукты и услуги. Это уже давно обсуждено, все копы на эту тему были поломаны, и мышление тут может быть сэкономлено. Но вот как именно увеличить проход, вот над этим нужно много, долго и тщательно думать, а потом-таки реализовывать придуманные меры по его увеличению.

Полная творческая мощь системного мышления будет проявляться только в тот момент, когда известных типовых решений не будет и нужно будет делать **первую из нового вида** (first of a kind, FOAK) систему, или обходить какие-то жёсткие ограничения, которые не встречались раньше, или избегать каких-то часто встречающихся ошибок в деятельности — например, не забывать в суете выполнения какой-то работы подумать о чём-то важном, для чего нужно заранее знать — что именно является важным. Так, важным является системное окружение. О нём нельзя забывать думать. Жизненный цикл. Функциональное разбиение. И такого, о чём нельзя забывать думать, довольно много. Это всё содержание курса системного мышления. Речь идёт о реально сложных проектах, в которых задействованы многотысячные коллективы. Системное мышление спасает такие проекты, ибо управляет вниманием тысяч людей, предотвращает глупые ошибки типа «забыл подумать».

В нашей книге обсуждается только форма для мышления: взятые из стандартов и публичных документов и только слегка авторски доработанные понятия системного мышления. Но в книге ничего не говорится про содержание мышления, оно уникально для каждого проекта. И даже если вы второй раз будете делать какой-то похожий на первый проект, то мышление ваше по содержанию уже будет другим: вы получите какой-то опыт выполнения проекта, у вас будут какие-то новые прикладные мыслительные интуиции. Для того, чтобы заниматься системным мышлением, вам всё равно потребуется знать вашу

предметную область. Но системное мышление уменьшает вероятность того, что вы там забудете подумать о чём-то важном. И вы будете заниматься этим мышлением письменно, будете моделировать, так что это «не забудете подумать» будет даже более надёжно, чем «просто мысли в голове».

МОЖНО ЛИ НАУЧИТЬ МЫШЛЕНИЮ?

Знания системного мышления в голову укладываются ступеньками, от простого к сложному. Как выделить такие ступеньки? Что нужно тренировать, какую непривычную мозгу мыслительную работу делать привычной?

Тут мы должны ввести понятие **контринтуитивности**. Мы живём в интуитивно понимаемом мире. Наши мозги ездят по интуитивным, неведь откуда взявшимся мыслительным рельсам «быстрого мышления S1» по Канеману, как трамвай — одним и тем же маршрутом. Мы родились, постепенно откуда-то у нас эти рельсы в мозгу проложились, и мышление по ним ездит, и ездит обычно мимо известных сегодняшней цивилизации эффективных современных способов решения задач, делая невозможным решение задач сложных. А откуда у нас появляются интуиции, откуда мы знаем, что именно так нужно мыслить? Рефлексия (осознанность по отношению к прошлым ситуациям мышления) заставляет предположить, что могут быть и другие варианты, кроме интуитивных — контринтуитивные.

Вот, посмотрел в окно — а там земля плоская. Когда нам говорят, что Земля круглая, что мы отвечаем? «Это неправда, посмотрите в окно». Нам отвечают: «вы что, Земля круглая, посмотрите за горизонт...», но мы упорствуем: «Вы рассказываете много всего лишнего, что там за горизонтом, но за горизонтом всем видно, что ничего нет. Не нужно говорить про далёкий горизонт и что за ним, давайте говорить про Землю, вот же она — Земля плоская». Вся жизненная интуиция показывает, что Земля плоская, люди по ней ногами ходят, и уж ноги-то точно знают, что Земля не круглая! Но каким-то людям, которых заботят масштабы

не только 10 километров, но и 1000 километров, в голову откуда-то приходит мысль про «Земля — круглая», они начинают так мыслить. Через некоторое время выясняется, что кроме Земли ещё и Космос с его вакуумом есть, космические корабли там летают «всё время падая, но никогда не падая». Вот это уже непонятно, потому что при идее плоской Земли летание космических кораблей по кругу с достаточной скоростью, чтобы не падать никогда — это понять невозможно. Мысль о круглой земле контринтуитивна, она не соответствует «народной теории» (folk theory) плоской земли.

Слово «контринтуитивность», в котором можно и нужно услышать «антинародность», важно. Каждый раз, когда появляются проблемы с пониманием того, как работают гении, обладающие каким-то искусством, которое никто не может понять и после понимания повторить и улучшить, можно ожидать найти что-то глубоко контринтуитивное. Трамвай мысли у гениев идёт по совсем другим рельсам, нежели проложены в мозгу большинства людей. Найти эти другие рельсы в чужом мозгу, проложить их в своём мозгу и пустить по ним свой мозговой трамвай обычно очень трудно.

Гений почему-то, сам часто не осознавая, сделал что-то совсем не так, как все остальные, он просто начал что-то делать в противоречии с интуицией всех остальных, и у него начало получаться. А все остальные действуют интуитивно, «по-народному», «как все», и у них не получается. И пока на уровень сознания гения, или тех людей, которые пытаются отмоделировать мышление гения, не вышло в понятийном мышлении, в чём именно эта контринтуитивность, вы не можете передать это знание другим людям, не можете никого этому знанию научить.

Вы не можете научить системного инженера, системного менеджера и даже танцора, если вы не знаете понятийно на уровне сознания, что он должен делать в ходе своей деятельности, что он должен думать, какие понятия в мышлении использовать. Чем отличается искусство от технологии? В искусстве — один раз свезло, вдохновение было, получился шедевр.

Другой раз не свезло, вдохновения нет, не будет шедевра. В инженерии («железной», программной, предприятия, и даже танцев) мы так не можем, нам нужно работать стабильно хорошо, нам нужны практики мышления, дающие неизменно превосходный результат.

Пожелания «не стеснять свободу творчества шаблонами» тут не подходят: люди, массово выдумывающие мыслительные велосипеды, с большой вероятностью получают не самое лучшее решение. Аргументы «творчества вместо шаблонов» верны только для единичных гениев, да и у тех в единичных случаях. В большинстве же других случаев шаблонные мыслительные решения дают качество при минимизации умственных усилий. Вряд ли вы тот самый единичный гений, и у вас тот самый случай «выхода за рамки известного цивилизации».

Опять же, гениями называют не всех «творцов», а только тех, которые предъявляют качество мышления лучше, чем по лучшим известным на текущий момент (state-of-the-art) мыслительным шаблонам — и дальше уже их решения становятся шаблонными, а не гениальными. Эти вновь появляющиеся в цивилизации шаблоны хорошего мышления нужно сразу делать явными, документировать (желательно в форме учебных курсов как адекватной форме документирования мыслительных практик). Выделять шаблоны хорошего мышления — это работа **методолога**, оформление этих шаблонов в виде учебных курсов — работа **методиста/instructional designer**.

Как передаётся неотрефлексированное, неосознанное искусство или ремесло? Ученик смотрит на десятки, сотни, тысячи работ мастеров, научается понимать сленг профессионалов как научаются родному языку (без учебников и словарей, просто «из разговоров»), постоянно смотрит, как работают настоящие мастера и пытается это копировать — прямо по пословице «обезьянка видит, обезьянка делает» (monkey see, monkey do). В учебных заведениях артистической направленности даже есть термин «насмотренность». Далее у трёх из десяти учеников в голове появляются какие-то правильные рельсы для трамваев их

профессиональных мыслей, и они начинают мыслить быстро и делают мало ошибок. А у семи из десятка — не появляются, и они делают много ошибок. Обучение искусству или ремеслу — это не «передача понятийного знания».

Нам надо, чтобы девять из десяти могли научиться (вполне можно представить, что будет один неспособный на десяток человек, но не семеро из десяти). Это означает, что мы должны взять для обучения такое контринтуитивное знание, которое само не может быстро прийти в голову ученикам, сделать его минимальное компактное и понятное описание (понятийное! Чтобы можно было выразить словами!), а затем его каким-то образом передать ученикам, чтобы оно встроилось им в голову. Вопрос: бывает ли такое в тех областях, которые традиционно считались «искусством», и которым считалось, нельзя научить рационально? Да, бывает, сплошь и рядом! Это и есть **путь западной цивилизации: превращать «искусство» (в том числе искусство мышления) после его моделирования и рационализации в быстро понятийно передаваемое от человека человеку в ходе структурированного обучения мастерство.**

Когда вы находите правильные понятия и правильные мыслительные операции с ними, и правильные упражнения для ускорения «автоматизации» мышления, для получения беглости в мышлении — то ученики после обучения даже не будут понимать, что им было трудно делать до обучения. Они будут неспособны вспомнить, по каким рельсам катилось их мышление до обучения, и поэтому они будут изумляться поведению необученных новичков, включая собственное поведение в период до освоения той или иной практики. Спросите ребёнка, почему он очень плохо умножал всего год назад — он не сможет объяснить, почему. Сейчас умножение для него вполне естественно, и не требует напряжения всех его умственных сил, как это было год назад.

МЕТАНОЙЯ

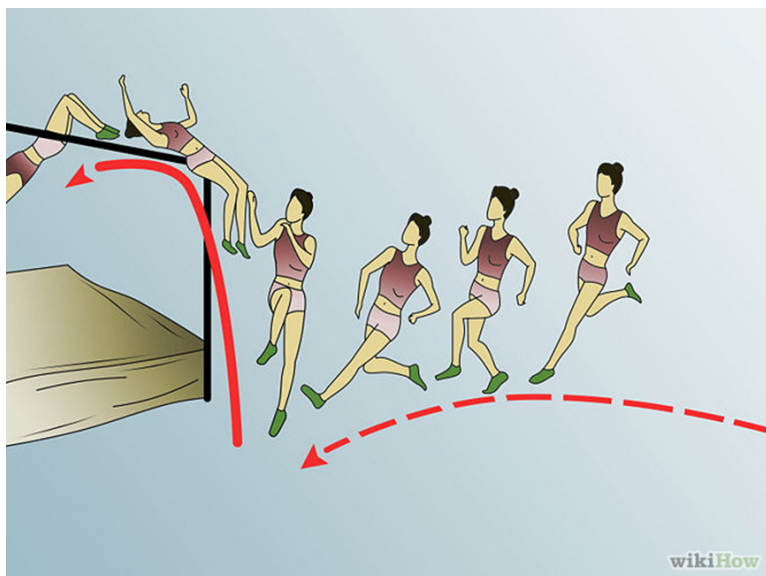
Назовём это свойство прохождения какого-то порога понимания, после которого трудно вспомнить затруднения, **метанойей**. Слово удивительное, попробуйте его написать в разных падежах, да ещё и во множественном числе, получите очень интересные эффекты. Это слово пришло из религиозных практик и означает «перемену мыслей», полный разрыв прошлого и текущего мышления. Ты занимаешься, занимаешься в какой-нибудь семинарии, и вроде как мышление у тебя не так поставлено, как это ожидают от тебя священники. Потом вдруг в какой-то момент щёлк — и ты демонстрируешь всем, что вот у тебя такое же мышление, как это принято у священнослужителя, с этого момента ты «настоящий», а не притворяешься. Вот слово это — метанойя, такой малый западный вариант просветления. Слово «метанойя» рекомендовал использовать вместо слова «обучение» гуру системного менеджмента Peter Senge, ибо слово «обучение» с его точки зрения уже совсем затасканное и не означает коренную смену образа мышления в результате обучения. Нам не нравятся религиозные коннотации метанойи, но обозначаемое этим словом явление «забывания трудностей обучения» вполне светское.

Когда метанойя произошла, то в новом состоянии его мышления, с «новыми рельсами в мозгу» человеку совершенно непонятно, в чём была проблема раньше, «со старыми рельсами мышления». Представим: я знаю, что Земля плоская, я долго спорю, что Земля никак не может быть круглая, но меня в какой-то момент в этом убеждают. И я каждый раз в своих проектах сначала автоматически действую, как будто Земля плоская, потом усилием воли вспоминаю, что рационально вроде бы она должна быть круглая, потом делаю это уже на уровне рефлекса, и при этом вижу тысячу свидетельств этой круглости Земли. И вот в этот-то момент я уже не могу понять, почему я считал, что Земля плоская. Рационально вспомнить, что я когда-то считал Землю плоской, я могу. Но понять, как я перешёл из состояния знания «интуитив-

ной теории» в состояние владения «контринтуитивной теорией» я уже не могу. И поэтому я не могу осознать те учебные действия, которые нужны для того, чтобы я добивался этой метанойи круглости Земли у своих учеников. Но сам факт обращения внимания на эту прошедшую метанойю даёт шанс разобраться. Работа по составлению правильных упражнений для получения такой метанойи у учеников — это трудная работа, но возможная. Создание адекватного учебного курса по уже имеющейся теории вполне может занять пару-тройку десятков лет, а если кроме самих упражнений нужно создать ещё и новую теорию, то и сотен лет, как это было в случае перехода от птолемеевского к коперниковскому пониманию движения планет. Все эти рассуждения про трудность создания теории и учебного курса в полной мере относятся и к системному мышлению.

Особое внимание нужно обратить на то, что в случае метанойи речь идёт об обучении не любым практикам, но «контринтуитивным», которым мозг сопротивляется особо, он же в этом случае «интуитивно знает», как должно быть, и активно сопротивляется новому знанию! Заново чему-то обучить много легче, но если уж вы уже подхватили где-то «народную интуицию», то научить вас чему-то более эффективному новому будет весьма проблемно: вам придётся пройти метанойю, а это требует наличия как-то документированной модели целевого мышления, организованной в учебный курс последовательности упражнений, времени для прохождения этих упражнений, а также недюжинной **собранности** — ибо вся интуиция учеников будет показывать, что учат-то какому-то безумию! Шансов пройти эту метанойю «самоучкой» практически нет, если вы не гений.

Вот, в школе учили прыгать через планку «ножницами» — подбегаешь, и прыгаешь. Но если нужно прыгнуть очень высоко, то после разбега к планочке нужно поворачиваться спиной, и прыгать назад-вверх (Fosbury Flop, изобретение 1968 года).



Fosbury Flop¹

Это абсолютно неинтуитивно, но даёт возможность перелетать и через двухметровую планку. Нужно огромное доверие к тренеру, чтобы вы начали тренировать такой прыжок — ибо в этот момент кажется, что много-много тренировок дадут возможность преодолевать дополнительные десятки сантиметров «ножницами» или «перекатом», что совсем не так. А потом будет метаноя: вы будете не понимать, почему вообще через планку люди ещё где-то прыгают не техникой Дика Фосбери — даже если вы уже не помните, что начало таким прыжкам положил именно Дик Фосбери, и прыгать так люди начали всего на год раньше, чем высадились на Луну в 1969 году. И речь идёт о том, что люди делали тысячелетиями: прыжках в высоту!

¹ https://en.wikipedia.org/wiki/Fosbury_Flop

В мышлении есть такие же контринтуитивные способы, которые позволяют мыслить по спортивному девизу: «быстрее, выше, сильнее». **Системное мышление — это такой же набор придуманных разными людьми специфических контринтуитивных приёмов, которые позволяют мышлению быть эффективней, чем его предыдущие, «народные» варианты. В частности, системное мышление — это прежде всего эффективный способ управления вниманием в проекте, он позволяет шаблонным образом выделять в проекте объекты, достойные дополнительного внимания.**

Главная метаноия системного мышления в том, что вы начинаете думать о мире, как состоящем из вложенных друг в друга по отношению часть-целое систем, которые ещё и взаимодействуют друг с другом. Если понимать систему не как «любой объект, который мы рассматриваем», а как «система из системного подхода», то это оказывается крайне контринтуитивным, поэтому требует специального обучения и последующей длительной тренировки такого системного мышления. Так, «интуитивно» при попытке о чём-то рассказать (например, о борще, о компьютере) люди рассказывают прежде всего о частях обсуждаемого предмета (составе борща, составе компьютера). В системном мышлении ровно наоборот: обсуждаемый объект-система сразу объявляется частью, и рассказ ведётся прежде всего об окружении (ситуация обеда в случае борща, ситуация использования компьютера — борщ и компьютер тут будут только частями своих ситуаций использования). И только после выяснения системного окружения (что окружает борщ в ходе обеда, что окружает компьютер в ходе его использования), после «взгляда наружу от системы» предметом интереса системного мыслителя будет «взгляд внутрь», части системы. Это очень, очень контринтуитивно!

В математике термин «интуитивное» часто подменяется термином «тривиальное» — возможность повторения «любим» в данном сообществе, а нетривиальность — невозможность повторения (спасибо за обсуждение этого вопроса математику Роману Михайлову). Демонстрация чего-то интересного в силу нетривиальности делает это «что-то» тривиальным через пару тактов тренировки заинтересовавшихся, ибо в определение «интуитивности/тривиальности» и «контринтуитивности/нетривиальности» неявно входит момент времени «прямо сейчас». Любое «контринтуитивное/нетривиальное» одного поколения становится «интуитивным/тривиальным» для другого поколения думателей. Эту «тривиальность» вполне можно добавить в список синонимов к «интуитивности».

Кто знает, может сегодняшнее системное мышление для будущих поколений людей и мыслящих машин будет «народным», «интуитивным», «тривиальным». Но пока системное мышление глубоко контринтуитивно и осваивать его трудно.

Мы тут используем небытовое значение слова «интуитивность». Под «интуитивностью» в быту часто имеют в виду не результат рационального логического рассуждения, а использование «чуйки» — получение результата рассуждения инсайтом, вдохновением, озарением, причём этот результат может быть весьма нетривиален. Мы о таких результатах мышления говорим, что они ровно наоборот — «контринтуитивны», то есть нетривиальны, невозпроизводимы легко разными людьми, эти результаты не относятся к «общенародному знанию», популярным мыслительным автоматизмам, типовой интуиции окружающих людей, а также собственной интуиции.

СТАДИИ ОБУЧЕНИЯ МЫШЛЕНИЮ

Обучение системному (и не только системному) мышлению проходит через следующие стадии:

0. Заинтересованность: понимание, что системный подход вам зачем-то нужен. Это переход от **неосознанной некомпетентности** («я и не догадываюсь, что я не умею системно мыслить») к **осознанной некомпетентности** («я знаю, что я не умею системно мыслить»). Это самая трудная ступенька на пути к беглости мышления. Нет мотивации — не будет и вложений труда, не будет hard fun, никакой метанойи не случится. На коммерческие курсы люди приходят уже заинтересованные, и у них дальше всё получается. Студенты приходят обычно никак не заинтересованные — и не все из них становятся заинтересованными даже к концу курса. Но часто возвращаются поучиться второй раз, заинтересованность появляется уже после прохождения курса: чаще всего это происходит после случайного использования материала системного мышления и получения неожиданно сильного результата. В этот момент и появляется желание закрепить успех. Эту заинтересованность в системном мышлении необходимо поддерживать всё время обучения (тут можно указать на то, что в педагогике ведущая дисциплина — лидерство, умение удержать человека в роли ученика¹. А если вы сами себе педагог, то есть занимаетесь самообразованием, то умение сойтись и «уболтать себя учиться» — это ваше ведущее умение).

1. Начитанность: знакомство с каким-то фрагментом набора понятий системного подхода. Материал учебника (или даже нескольких) освоен на этой стадии в части знания значений слов, умения пересказать какой-то фрагмент учебника, воспроизвести какое-то рассуждение, поддержать разговор про содержание учебника. Например, вы уже сейчас начитанны: вы знаете, что системное мышление имеет дело с частями и целыми, выстраиваемыми во много уровней. Вы ещё не знаете, что с этим делать и как применить в ваших проектах, но это знание — чистая правда, оно у вас уже есть!

¹ <http://ailev.livejournal.com/1316601.html>

Правильно думать о стадии «начитанность» как о начитанности учебником по езде на велосипеде. Начитанный, но ни разу не ездивший человек может долго вам рассказывать о равновесии, о необходимости крутить педали. Но продемонстрировать езду он не сможет.

Начитанность для мышления нужна, но для уверенной беглости в мышлении её совершенно недостаточно. Чтобы дать «правильную для последующей тренировки беглости начитанность» как раз и написана наша книга-учебник, в которой структурировано системное мышление. Однако начитанность — это даже ещё не переход к **осознанной компетентности**, когда можно самостоятельно и осознанно провести какое-то рассуждение из учебника на каком-то материале задач, своего или чужого проекта. Из учебника берём при этом форму, из задач или проекта — содержание.

2. Понимание: понимание того, что означают термины системного подхода в их многочисленных вариантах разных школ, понимание как использовать понятия системного мышления при обсуждении самых разных ситуаций. Кроме памяти тут уже появляются некоторые мыслительные интуиции. И это делается **«сержантским методом»**¹, то есть путём решения простых и похожих друг на друга, многочисленных **тренажёрных задач**, которые формулируют авторы курса для тренировки, а не для контроля знаний².

Пример такой задачи: «Пётр утверждает, что нужно уже начинать закупать функциональные части системы, а Елена утвер-

¹ Подробней о «сержантском методе» можно почитать по ссылкам в <http://ailev.livejournal.com/1287293.html>.

² К нашему учебнику есть порядка 200 задач с автоматизированной проверкой решения, вы можете найти эти задачи в онлайн-курсе или решать эти задачи на семинарах Школы системного менеджмента <http://system-school.ru/>

ждает, что покупаются не функциональные части, а конструктивные части. Кто из них прав? А) Пётр Б) Елена». Ответить на такую задачу можно, только если знать про различия функциональных и конструктивных частей системы — для ответа нужно хоть как-то сопоставить ситуацию в задаче с местом из учебника, где говорится о таком различии. После нескольких таких задач ответ будет самоочевидным, никаких отсылок к учебнику не потребуется. При решении тренажёрных задач как раз и формируются «рельсы в голове», по которым поедет понятийное мышление.

Важно, что в этих задачах специально тренируется контринтуитивность, отличие предлагаемого способа мышления от использования народных/бытовых интуиций/здорового смысла, это делается через использование практики **понятийной описи**¹ (conceptual inventory). Суть этой практики заключается в том, чтобы предлагать в задачах ответы-ловушки, соответствующие «народному мышлению». Это было предложено в физике, чтобы проверять понимание ньютоновской физики по сравнению с «народной» аристотелевской. В аристотелевской физике палец давит на стол (он же живой!), а стол не давит на палец (он же не живой!). В ньютоновской они давят друг на друга с одинаковой силой, что контринтуитивно, не соответствует «здоровому смыслу» (зато соответствует ньютоновской физике). Задачи, составленные по принципам понятийной описи, проверяют — что на эту тему после прохождения курса физики думает выпускник. И если оказывается, что он решает задачи на третий закон ньютона с правильным применением формул, но при этом считает, что стол не давит на палец, то что-то в обучении пошло не так, и нужно доучиваться. Задачи по курсу системного мышления составлены таким же образом, они проверяют системность в мышлении, правильность рассуждений с контринтуитивными понятиями системного мышления, отход от бытового и привычного

¹ http://modeling.asu.edu/R&E/Notes_on_Modeling_Theory.pdf

мышления «здравого смысла». Опять же, «понимание» в какой-то предметной области ещё не даёт общей способности к мышлению¹.

3. Приложимость (к рабочим проектам): умение системно мыслить по потребности *in the wild*, то есть в реальных проектах. Это совсем отдельное качество: уметь решать уже поставленные задачи (даже олимпиадного уровня сложности) из задачника против умения ставить задачи. Ставить задачи — это выделять из запутанного, шумящего, быстро меняющегося окружающего мира с огромным числом незначимых и кричащих о себе деталей правильные объекты, сопоставляя их с объектами, описанными в учебнике. После этого можно решать задачу, которая сформулирована уже в терминах изучаемой предметной области, в нашем случае решать задачу, сформулированную в терминах системного мышления. **В жизни нет задач из учебника, нет даже слов из учебника, их нужно выявлять, обнаружить, т.е. поставить задачу, «приложить» книжное знание к жизни.** В многообразии самых разных объектов окружающего мира нужно найти «целевую систему», например. Но объектов-то тысячи и тысячи! А потом, после «переобозначения» можно уже в привычных терминах из учебника решить поставленную задачу. Если нужно узнать, сколько яблок в двух кучках, нужно догадаться, что яблоки — это ровно те счётные объекты из учебника арифметики, а не «то, что обычно едят». Если вы хотите узнать про потребности для разрабатываемого вами супер-пу-

¹ Появились материалы, обсуждающие *beyond concept inventories towards measuring how students think* — <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2830154/> (concerns about measuring student thinking as opposed to student knowledge, но все эти попытки плохо технологизируются по сравнению с *concept inventory*). Больше на эту тему в тексте «Заметки к „Заметкам по теории моделирования“ Давида Хестенеса» — <https://ailev.livejournal.com/1197467.html>.

пер-продукта, то нужно выявить, какие объекты в мире являются для него надсистемой, и какие роли людей заинтересованы в этой системе, что люди в этих ролях от этой надсистемы (а не от вашего супер-пупер-продукта!) хотят. Потребности — про надсистему, требования — про ваш продукт! Реальные проекты в учебном курсе появляются только тут, на стадии обучения мышлению «Приложимость». Только на этой стадии тренируется главный навык системного мышления: выделение главного в рабочих проектах и игнорирование не главного. Это выделение главного и отбрасывание неглавного нужно для борьбы со сложностью реального мира, для экономии мышления. Нужно уметь найти иголку в стоге сена: выбрать своим образованным/обученным/настроенным вниманием из окружающего мира те важные объекты, о которых дальше нужно будет размышлять. Это обычно тренируется с учителем, самому это трудно. Учитель корректирует на первых порах ошибки, без этого очень трудно.

В составленных какими-то авторами тренажёрных задачах тепличные условия, так как ничто не отвлекает от применения материала из учебника — ни обилие незначимых деталей, ни отсутствие важной информации, которую ещё нужно найти, ни эмоциональное вовлечение в ситуацию (попробуй сообрази, в какой роли на тебя орёт начальник! А ведь нужно сообразить, прямо по ходу очень нервного разговора! Он орёт как операционный менеджер, или как инженер по требованиям? Отвечать-то этим ролям нужно по-разному!). А ещё у тренажёрных задач заведомо есть решение, в жизни же существование приемлемого решения — не факт, и не факт, что вообще решаешь правильную задачу.

«Проектное обучение» происходит именно тут, результат прохождения тренинга приложимости на реальных проектах и даёт искомую метанойю: нейронная сеть мозга обучающегося научается думать системно, системное мышление после этого уже не требует осознанных усилий при рассуждениях, в том числе не требует усилий и для привязки его понятий к объектам окружающего мира. Это переход к **неосознанной компетентно-**

сти, мы можем также назвать конец стадии «приложимость» в обучении системному мышлению **системной метанойей**. После системной метанойи вы смотрите на мир из каких-то осознаваемых вами проектных ролей, и видите мир, состоящий из взаимосвязанных различных систем, видите мир на многих системных уровнях.

ОСОБЕННОСТИ РЕШЕНИЯ УЧЕБНЫХ ЗАДАЧ ПО СИСТЕМНОМУ МЫШЛЕНИЮ

В инженерной, менеджерской и предпринимательской жизни обычно делается **предположение об открытости мира**¹ (open world assumption): «что не сказано, то просто не сказано». Это существенно отличается от **предположения о закрытости мира** в задачах из учебников: «что не сказано, того просто нет». Тренажёрные задачи чаще всего составляются из предположения о закрытости мира, а опытные инженеры и менеджеры в предположении об открытости мира при решении задач начинают придумывать всё более и более необычные и маловероятные обстоятельства, логично ведущие к неправильным ответам — и даже часто добиваются успеха («вот если речь идёт о Юпитере, и пилот ракеты не боится огромной силы тяжести и играет на саксофоне в метановой атмосфере, то ваш правильный ответ будет неправильным, а мой неправильный правильным»). Желание инженера придумывать всё более и более экзотические обстоятельства, делающие наиболее вероятный ответ не слишком вероятным побороть нельзя, хотя можно обратить на него внимание: нужно всё время помнить, что **задачи составлены исходя из посылки закрытого мира, а изобретение «возможных неучтённых обстоятельств» — это разворачивание посылки открытого мира, инженерная или менеджерская работа, а не работа по решению тренажёрных задач из учебника.**

¹ https://en.wikipedia.org/wiki/Open-world_assumption

Действительно, маленькая вероятность обстоятельств к чисто формальной правильности ответа отношения не имеет (даже исчезающе маловероятное событие может быть формально верным, «логичным» в аристотелевой логике) и формально «математически» ученик может быть прав. Но в учебной жизни (а не в идеальном мире математики!) генерирование таких дополнительных маловероятных условий исходя из посылки открытого мира не помогает решать тренажёрные задачи, а только мешает это делать. В рабочей жизни, наоборот, может помочь учёт самых разных маловероятных условий. Нужно чётко разделять эти две ситуации: решения тренажёрных задач в ходе обучения против проектирования/сценирования в ходе конкретно-го проекта.

Особое внимание нужно уделять тренажёрным задачам на начальных стадиях обучения — когда правильный ответ интуитивно не ясен, не является шаблонным. Когда студент материал знает плохо, он включает «смекалистый мозг». Он смотрит на 2×2 и начинает: «Это может быть любое число больше 1.0 и меньше 9.0, ибо мы же не знаем, насколько и как округлили исходные числа. И это может быть в ответе вообще что угодно, начинающееся и заканчивающееся на 2, ибо звёздочка не всегда означает знак умножения. Часто звёздочка означает любое количество символов. А ещё речь может идти о символьном умножении, поэтому ответом будет 22. И давай не будем разбирать ситуации, когда система счисления недесятичная, так и быть». Конечно, он достаточно смыслён, чтобы заподозрить в ответе 4, но и недостаточно уверен в этом ответе, чтобы не предположить дополнительных подвохов.

Двое из десятка изучающих системное мышление человек именно таковы — они материал не читали, но они хорошие инженеры или менеджеры, у них подвешен язык, они скептически по отношению к материалу учебника (это ничего плохого, просто *skeptic thinkers*), и именно они обычно самые активные в группе. На экзаменах такой «смекалистый мозг» демонстрирует хорошее знание прикладного проекта и плохое знание си-

стемного мышления. Результат — два балла (по системному мышлению! Прикладное знание может быть отличным! Но системности, то есть использования понятий системного мышления в рассуждениях с целью управления вниманием в проекте — нет. Отсюда и два балла).



Цель «опытных инженеров» часто не столько поупражняться в системном мышлении и использовании его концептов, сколько попробовать «прогнать» предлагаемые задачи вместе с системным мышлением, испытать их на прочность формально-логического «здорового смысла». Этим людям хорошо работать Беспристрастными Свидетелями (Fair Witness) из Хайнлайна:

«Энн стояла на трамплине. Джабл крикнул ей: — Тебе виден тот дом на горе? Какого он цвета? Энн посмотрела и сказала: — С нашей стороны белый. Джабл обернулся к Джилл: — Вот видишь, Энн не стала говорить, что дом белый целиком. И вся королевская рать не заставляет ее сказать это до тех пор, пока она не пойдет и не посмотрит.

Но даже и тогда она не сможет утверждать, что дом остался белым после того, как она ушла»¹.

Как мы могли бы с этим бороться? Очевидный ответ — строго формализовать задачи, добиваясь однозначности правильного ответа. Но чем формальней будут поставлены задачи «из учебника», тем дальше они будут от реальной жизни! Жизнь не формально-логична, жизнь вероятностна! Интересуют общие закономерности, наиболее часто встречающиеся случаи, а не маловероятные исключения и особые ситуации! Если рассмотреть задачу о том, чем забивать гвоздь — молотком, камнем, подушкой, рукой, микроскопом, то ответ тут должен быть «молотком» (а не «молотком, камнем, микроскопом, и ещё рукой, потому что рука может быть в стальной перчатке от кольчуги»). Но если задача «чем забивать гвоздь, если вы оказались в дороге, и молотка нет?» будет иметь другие ответы! Задачи ситуационны, они не абсолютны, их решения вероятностны.

Ещё важно понимать, что все эти **задачи тренажёрные, а не экзаменационные**. Они дают лишь повод осознать и обсудить материал учебника, формализм «единственно правильного ответа» для них непринципиален. Один из курсантов отметил, что его настроение во время решения задач было — «ярость». Ибо его первый ответ стабильно оказывался неправильным, а правильные ответы, оказывается, были чуть ли не цитатами из учебника! И так задача за задачей: задачи заставляли перечитывать учебник, вычитывая из него новое и новое содержание.

Ещё один источник возможной «формальной нелогичности» системного мышления в том, что он представлен в стандартах и публичных документах, откуда мы берём его положения. Эти положения не представляют из себя логически непротиворечивую систему концептов и их отношений. Каждый стандарт имеет свой набор понятий, не претендующий на полноту и непро-

¹ https://ru.wikipedia.org/wiki/Чужак_в_чужой_стране

тиворечивость с другими наборами понятий. Вероятностная природа понятий (см. книгу «Визуальное мышление») и изложение на естественном (чаще всего — английском, а не русском) языке только добавляет неопределённости, перевод на русский язык тоже не добавляет формальности в изложении. В реальных проектах «из жизни» тоже очень трудно составить непротиворечивое системное описание ситуации, так что использовать системное мышление будет много тяжелей, чем в специально составленных учебных задачах. Поэтому задачи намеренно составлены не слишком формально, они тренажёрны, в них не ожидается «подвоха» на особенность и уникальность ситуации, но ожидается хорошее знание положений из учебника.

ПЕРЕХОД К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ МЫШЛЕНИЯ

Чтения учебника недостаточно — это как читать учебник по езде на велосипеде, не сильно помогает. Решения задач недостаточно — это как ездить на велосипеде только по прямой, на специально оборудованной дорожке. Нужно будет потом долго тренироваться в постановке задач, в применении системного мышления в ваших рабочих проектах (ездить на велосипеде по бездорожью в горах) — и только тогда цветущая сложность начинает отступать и поддаваться тренированному в системном мышлении мозгу.

Основных идей системного подхода немного, каждая из этих идей довольно быстро понимается. Если выразить системный подход одной фразой, то получится что-то типа «для удовлетворения внешних ролевых потребностей нужно понять функционирование и возможную конструкцию надсистемы и затем сформулировать функциональные и интерфейсные требования к целевой системе. Воплотить в жизнь эти требования, для чего разработать архитектуру и затем физически изготовить и отладить конструкцию целевой системы. Для этого нужно применить практики жизненного цикла целевой системы, организо-

вав компетентную в этих практиках команду и снабдив эту команду всеми нужными для этих практик технологиями. И всё это нужно делать рекурсивно на многих уровнях деления системы на части, то есть для всех подсистем целевой системы».

Проблема даже не в том, что эти предложения сплошь состоят из терминов, значения которых нужно знать. Все эти положения глубоко связаны друг с другом и крайне редко используются поодиночке. Так что требуется добиться некоторой **беглости** (fluency) в их одновременном и совместном применении — примерно в том же смысле, что и беглости пальцев в игре на рояле или наборе текста на клавиатуре, беглости в говорении на иностранном языке. Каждая клавиша на рояле или клавиатуре понятно нажимается, их всего не так много, проблема только в том, чтобы разные клавиши нажимать вовремя, быстро и такие, какие нужны для получения музыки. На освоение компьютерной клавиатуры уходит несколько дней тренировки, но на освоение рояльных клавиш уходит несколько лет. В освоении системного мышления, как и в освоении игры на рояле, нет царских путей, кроме как бесчисленного числа повторений, выполнения многочисленных упражнений на использование этих положений, получение опыта применения в жизни. Это, увы, занимает время. Поэтому мышлению желательно учиться с детства. Вот из материалов Viewpoint Research Institute¹:

Мы хотим помочь детям развить реальную беглость (fluency) во многих областях образования, включая мышление, математику и науки. Каждый из этих предметов не поддается «естественному обучению» (как учатся ходить и говорить). Довольно много времени и энергии нужно потратить, чтобы получить беглость выше пороговой. Тут интересное сходство с искусством, музыкой и спортом, для каждого из них также требуется довольно много времени и энергии, чтобы получить беглость. Эти искусства могли бы называться «тяжелое развлечение» (hard fun). Математики и ученые знают, что они занимают-

¹ <http://vpri.org/>

ся искусством, равно как тяжелым развлечением. «Мышление» — это более высокая категория, чем «просто» математика, наука и искусство. Оно представляет синтез интуитивного и аналитического подходов к пониманию мира и поведения в нем.

Peter Senge в книге «Пятая дисциплина»¹ (1990) писал:

Недавно в ходе пятидневного вводного курса, проводимого Обучающим центром МТИ, одна женщина-менеджер из конструкторского отдела компании Ford лаконично сформулировала ситуацию: «Спустя пару дней, — сказала она, — я начинаю понимать, о чем вся эта история с системным мышлением и интеллектуальными моделями. Мне это напоминает время, когда я только начала знакомиться с высшей математикой. Сначала я чувствовала себя совершенно потерянной. Все это было мне совершенно чуждо. Но потом я начала „схватывать“ суть. Через год я уже вполне владела основами этого дела. Через пять лет это стало основой моей профессии». Потом она добавила: «Если бы высшую математику изобрели сегодня, ни одна из наших корпораций не смогла бы ею овладеть. Мы бы посылали каждого на трехдневные курсы. Затем каждый получал бы три месяца на то, чтобы посмотреть, работают ли „все эти штуки“. А когда выяснялось бы, что они не работают, мы бы начинали пробовать что-нибудь другое».

Если заниматься языками, то любой из них можно довести до уровня C1 (достаточный для поступления в европейский вуз) за год, если интенсивно заниматься — для языка без флексий (английский, испанский) нужно на это потратить 600 часов, с флексиями (русский, немецкий) 1100 часов, для языков совсем другой структуры 2200 часов. Если заниматься год, то в день нужно тратить примерно 1,6, 3 и 6 часов соответственно, и в Сети можно найти достаточно примеров, как мотивированные люди выделяли примерно такое время в своём расписании и достигали успеха. Чтобы достичь в языке мастерства, нужно потратить порядка 10000 часов (хотя это и спорное утверждение, но порядок верный) — то есть заниматься языком

¹ https://en.wikipedia.org/wiki/The_Fifth_Discipline

несколько лет. И в случае иностранного языка это даже не «мыслить» и не узнать о каких-то новых вещах и их связях, это просто «переназвать известные уже вещи другими словами»! Системное мышление относится к того же сорта практике: его нужно практиковать, чтобы добиться беглости использования в жизни, а не «мыслить со словарём» в тех случаях, когда «решили, что в этом случае нужно применить системное мышление».

Ситуацию, когда на уровне осознанной компетенции (но, увы, не беглости во владении) системное мышление имеется, но в рабочих проектах не применяется, мы вообще рассматривать не будем. Чаще всего вопрос ставится так: «а в каких проектах использовать системное мышление?». Вопрос примерно такой же, как «а в каких проектах нужно думать?». Управление вниманием при помощи набора понятий системного мышления используется во всех проектах, нет ведь проектов, которые лучше выполнять с безалаберно выбираемыми из окружающего мира объектами, бездумно забывая самые разные важные для выполнения проектов практики – то забыть проверить, то забыть про необходимость команды для выполнения проекта. Хотя да, проект чистки зубов утром можно выполнять без системного мышления. Но такие проекты доступны даже детям в детских садах, эти проекты вообще не требуют сильного интеллекта. А вот где требуется интеллект, там осмысленно задействовать системное мышление. Нет в жизни деления на проекты, где мозг включать осмысленно, и где его включать не осмысленно. А уж когда в проекте участвуют несколько человек, то системное мышление поможет даже в минимальных дозах.

ИСКУШЕНИЕ СЛОЖНОСТЬЮ

Частая ошибка у начинающих системных мыслителей — это выбор для первых проб системной мысли предельно сложных случаев, которые будут трудными и для опытных системных мыслителей. Прежде всего это ситуации, связанные с длинными цепочками информационных технологий (когда речь идёт не о физическом мире, а о длинных цепочках описаний, базах данных, компьютерных моделях, неочевидно связанных с физическим миром). В курсе чётко говорится о том, что целевая система должна быть физична. Софт и базы данных этого софта — это описания, и не всегда это описания физического мира, часто это ещё и описания других описаний. Терпения и квалификации распутывать эти длинные цепочки описаний у начинающих мыслителей не хватает, предупреждение об осторожности при работе с айтишными проектами на них не действует.

Это как первоклассник музыкальной школы берёт сыграть на рояле в качестве первой пробы услышанный по радио свежайший оркестровый хит — да, прямо все инструменты в этом оркестре, вот давайте попробуем, ответьте мне, как мне это сыграть сегодня к вечеру! Преподаватель может лишь печально сказать, что сейчас — никак не сыграть. Разбирательство со сложными корпоративными айтишными проектами — худший вариант для начала работы с системным мышлением. Увы, это замечание мало кого останавливает. Но оно есть, вернитесь и перечитайте.

По определению сложны также все оргпроекты, ибо в них задействованы люди. Людей очень, очень трудно моделировать. Нужно иметь определённый опыт для мышления о людях. Тем не менее, большинство первых систем, о которых хотят думать новички в системном мышлении оказываются системами с людьми. Не нужно так! Это слишком сложно! Вы запутаетесь! Первокласснику не нужно брать решать дифференциальные уравнения, ему сначала нужно тренироваться на арифметике!

Если людей очень много (город, страна, общество), то ситуация ещё более сложна в системном моделировании, чем ситуация с предприятием. В предприятии вы ещё сможете на что-то влиять. Если людей много, то возможности целенаправленного действия малы, мышление будет непродуктивно — мышление начинающих системных мыслителей будет изобиловать ошибками ввиду чрезвычайной сложности таких ситуаций. Ведь у всех людей в команде проекта обнаруживаются разные предпочтения, они все сами пытаются что-то сделать для реализации своих «хотелок» разного уровня продуманности, они не ждут ваших действий, не ждут, пока вы о них всех системно подумаете — они не мечтают, чтобы вы планировали их жизнь. Вот и не планируйте!

Вернитесь и перечитайте эти предупреждения: там, где много информационных технологий и людей (а часто в проекте есть и софт, и люди — причём что-то из этого даже не замечают!), будьте осторожны с первыми примерами системного мышления. Не берите такие примеры. Не начинайте со своего самого запутанного рабочего проекта, вы только разочаруетесь. Если вы вчера начали изучать суахили, не ввязывайтесь в ситуацию синхронного перевода на бизнес-встрече военных с коммерсантами, кроме неприятностей из этого ничего не получится. Подождите, пока вы не достигнете какой-то беглости. Тренируйтесь на более простых проектах, где поменьше информационных технологий и поменьше людей.

Конечно, при этом появляются огромные трудности в организации обучения: у человека максимальные сложности в его текущих проектах, и учит он средство уменьшения этой сложности, но как раз в этот эпицентр сложности с его текущим умением ему попадать нельзя, нужно до этого хотя бы немного потренироваться на более простых примерах!

СКОЛЬКО ВРЕМЕНИ НУЖНО, ЧТОБЫ ОСВОИТЬ СИСТЕМНОЕ МЫШЛЕНИЕ?

Оценки для получения начальной беглости в системном мышлении — это **примерно 12 тренинговых и менторинговых дней с преподавателем (один день раз в пару недель), и самостоятельная работа между этими днями по 3–4 часа в день на протяжении примерно полугода (чтение книг, решение задач, работа с собственными проектами в части приложения системного мышления).**

Но системное мышление — это не единственная мыслительная практика интеллект-стека, которую нужно ставить современному взрослому человеку. Поэтому сразу целимся на вдвое больший объём — 24 тренинговых дня при описанной в предыдущем абзаце интенсивности. Это **год работы по 3–4 часа в день, вполне обозримый учебный проект.** А ещё **собранность**, т.е. постановка под сознательный контроль собственной психики и тела. Если грубо и с добавкой недостающего **деятельностного кругозора** (системная инженерия, менеджмент, предпринимательство и др.) то это ещё год, 48 тренинговых дней с самостоятельной работой по 3–4 часа в день. И вот это уже очень **сравнимо по срокам с традиционным вузовским бакалавриатом (хотя два года — это меньше традиционных бакалавриатских трёх-четырёх лет).** Содержание образования получается другое¹.

Курс каждой дисциплины в среднем получается где-то четыре тренинговых дня — это примерно по объёму соответствует семестровому университетскому курсу, «небольшой учебник/лекции, стопка дополнительной литературы к ним и семинары

¹ По этой теме существует полноценный учебный курс «Образование для образованных», <https://system-school.ru/uptodate> — в нём рассказывается про набор трансдисциплин для усиления интеллекта, куда входит и системное мышление.

плюс домашние задания и итоговая работа». То есть это примерно (примерно! не точно!) 17 дисциплин на пару лет, вполне обозримо, и вполне сравнимо с университетской нагрузкой — восемь-девять дисциплин в год, четыре-пять дисциплин в семестр, одна дисциплина проходится за месяц-другой плотной работы. Приемлемо по временным затратам даже для занятий, совмещаемых с работой. Системное мышление, безусловно, входит в программу подобного «второго бакалавриата»¹.

Речь идёт по факту об изменении образа жизни — откуда-то эти несколько часов нужно взять, как-то переустроить своё типичное дневное расписание. Это как поступить в очную или заочную физматшколу: тяжело работать несколько лет, чтобы получить другие жизненные возможности. Обучение вообще-то неблагодарное занятие: если вы учились целые выходные с утра до вечера, то вас похвалить будет некому — это не работа, которую можно существенно продвинуть за пару дней и это всем будет заметно. Нет, придётся потратить много дней без немедленных наград. Зато это позволит потом претендовать на другие работы и другой уровень наград.

Последнее препятствие в использовании системного мышления — это просто его неиспользование по назначению, отсутствие приложения. Автору встречались случаи, когда люди тратили много времени на освоение системного мышления и даже достигали некоторой беглости в его использовании в тот момент, когда им явно указывалось на необходимость каких-то системных рассуждений в сложной ситуации. Но в критических си-

¹ Второе высшее образование обычно получается как «вторая магистратура», а мы тут говорим об обучении менее специализированным, чем в магистратуре дисциплинам — это обычно происходит в бакалавриате. Необязательно речь идёт именно о втором бакалавриате. Это может быть и «первый бакалавриат», подробнее в «как перепрыгнуть из семейной среды в деловую: первый бакалавриат», <https://ailev.livejournal.com/1470949.html>

туациях собственных рабочих проектов они просто забывали его использовать! Это неудивительно и даже неспецифично для системного мышления: обычно люди знают, как хорошо выполнить то или иное дело, но только мастера реально используют это знание, часто абсолютно автоматически — на то они и мастера. А не-мастера о правильных приёмах работы и мышления обычно знают, но просто забывают их применить, или им это лень делать, потому как неавтоматическое рассуждение очень трудоёмко.

Вот это чувство потерянности при обучении, невозможность реорганизовать свою жизнь для обучения, неиспользование результатов обучения обычно связаны с одной причиной: непониманием, зачем эти новые обширные знания нужны, зачем использовать системное мышление. Живут же люди без этого системного мышления, и неплохо живут!

Резюме тут простое: **если хотите меньше допускать ошибок в сложных проектах, то заранее тренируйте системное мышление, а потом используйте его в жизни. Тогда в какой-то реальной ситуации привычка системно мыслить вас спасёт: вы не сделаете глупых ошибок даже в тех ситуациях, которые окружающим вас людям будут казаться очень сложными.**

ПРИМЕНИМОСТЬ/ПРИКЛАДНОСТЬ СИСТЕМНОГО МЫШЛЕНИЯ

Главная ошибка в оценке применимости системного мышления — это принять его за прикладную дисциплину. «Прикладность» это и есть «применимость». Системное мышление — это трансдисциплина, она в основе многих дисциплин, понятия системного мышления используются для управления вниманием в условиях наличия множества прикладных дисциплин, которые используются в каком-то коллективном проекте, требующем участия многих ролей. Или даже не очень сложном проекте, где один человек играет множество ролей и управляет своим собственным вниманием, распределяя его между инженерией, ме-

неджментом, предпринимательством и многими другими деятельностями.

Вопрос типа «как я могу оценить применимость системного мышления для своей конкретной задачи-проблемы» как раз показывает это непонимание разницы между трансдисциплинами и прикладными дисциплинами. Давайте заменим «системное мышление» на «управление вниманием» и спросим ещё раз: «как оценить применимость управления вниманием в моей конкретной задаче-проблеме»? Вроде как так не говорят, смысла ведь нет, управлять вниманием нужно всегда, в любых задачах-проблемах. Вопросы о «применимости» тут просто не возникает.

И примеры системных описаний какого-нибудь простого «велосипеда» тут не помогут. В учебнике системного мышления нет инструкций по тому, как строить такие описания в инженерии, в менеджменте, в предпринимательстве. Точно так же, как нельзя в учебник системного мышления включать многочисленные знания, требуемые для освоения системного мышления (умение читать-писать, собранность, владение онтологикой на хоть каком-то уровне беглости и т.д.), как нельзя из учебника системного мышления делать учебник истории системного мышления (приводя подробные описания общей теории систем, цитируя Берталанфи, рассказывая о теориях систем других мыслителей прошлого века), так и нельзя из учебника системного мышления делать учебник системной инженерии, менеджмента, предпринимательства, творческой деятельности. Нет, это за рамками учебника/курса. Но применимость тут проста: системное мышление это трансдисциплина, поэтому по факту она усиливает ваш интеллект в любых проектах, а не в проектах какого-то определённого типа. Это учебник ортодонтии или бурения в вязких грунтах применимы для узкого класса задач. Системное мышление нельзя сравнивать в этом плане с прикладными дисциплинами. Вы просто начинаете системно думать, во всех ситуациях, во всех проектах, в том числе и в ситуациях переключения с проекта на проект, формулирования новой задачи/проблемы/проекта.

2. ВОПЛОЩЕНИЕ И ОПИСАНИЕ СИСТЕМЫ

ВОПЛОЩЕНИЕ, ОПИСАНИЕ И ДОКУМЕНТАЦИЯ СИСТЕМЫ

В системном подходе очень важно быть **адекватным** в мышлении: понимать, говорим ли мы о физической реальности нашего мира, привязаны ли мы к ней, или просто фантазируем о каком-то абстрактном мире идей. Если мы хотим надёжно менять физический мир в соответствии с нашими замыслами, если мы говорим о человеческой деятельности, то нам нужно как-то привязать все наши рассуждения к физическому миру, в конечном итоге иметь дело с физической реальностью¹.

Адекватность системного мышления обеспечивается тем, что когда мы говорим о системе, то имеем в виду **воплощение системы** (system realization — тот же корень, что real, реальный, буквально речь идёт о существовании в реальности, reality). Система понимается всегда как конкретное воплощение системы в физическом мире — индивидуальный, уникальный физический объект. Например, это фирма Apple (все её здания, сооружения и сотрудники фирмы в тот момент времени, когда они в ней работают), топливный насос с серийным номером #12345, установленный на авиадвигателе #5678, исполнение танца «Барыня» на сцене Усть-Урюпинского театра вечером 24 октября 2021 года.

¹ В философии эту привязку фактов к реальности описывают как grounding, <https://plato.stanford.edu/entries/grounding/>

Как узнать, что конкретная воплощённая система существует в физическом мире? Для этого есть множество философских критериев, и мы выберем самый «научный» из них. Мы будем считать, что в физическом мире присутствуют только те объекты, которые занимают какое-то место, **объём** какой-то причудливой формы **в нашем пространстве-времени**, принимая идею Эйнштейна про существование физического мира в четырёхмерном пространстве-времени.

Тем самым конкретная система имеет некую протяжённость в пространстве (то есть размер, длину, ширину, высоту, радиус) и во времени (то есть имеется момент, когда она начала существование, и момент, в который она закончит существовать). Для полей или энергии тоже можно определить место в пространстве-времени, физические тонкости такого подхода для нас пока не важны.

А ещё эта система имеет изменяющиеся состояния. Системы меняются по мере взаимодействия с окружающими их системами, которые тоже находятся в физическом мире, а внутри них меняются взаимодействующие в них подсистемы. Всё в мире систем физично, все реально.

Тем самым мы чётко различаем само воплощение системы (system realization), занимающее объем в физическом пространстве-времени, и **описание системы** (system definition, часто называются ещё и определениями системы, не путайте со «словарными определениями»!) — информацию о воплощении системы.

Информация не имеет места в реальном мире, нельзя сказать, что определяющее высоту в метрах (воплощения) системы «Эйфелева башня» число «300» находится где-то в реальном мире и имеет собственную длину-ширину-высоту. Если вы укажете на вот это вот число «300» и скажете, что оно существует и имеет свой объём — то вы укажете не на само число, а на **носитель информации**, который своей формой (частицами краски или прозрачностью материала или ещё как-то) кодирует это число. Тем самым место занимает не «300» как число, не часть опи-

сания Эйфелевой башни (число 300 описывает Эйфелеву башню), а материальный объект кусочка **документации** (system description) Эйфелевой башни, т.е. носитель с записанной на нём информацией/описанием. **Документация — это абстрактное описание, записанное на каком-то физическом носителе информации.** Подробней отношения между описываемым физическим объектом, абстрактными концептами (то, что записывается об объекте знаками), модификациями носителей информации как знаками изучается в курсе онтологии. В системном мышлении всё это только используется, но горе вам, если вы плохо понимаете этот материал и будете путать автомобиль как целевую систему и фотографию как документ-носитель описания этого автомобиля. Фотография материальна, но материальность её важна только как возможность нести на себе описание физического объекта-автомобиля, материальность носителей информации не должна нас путать — это не материальность воплощения системы!

Экран или бумага фотографии, или даже компьютерная память с файлом фотографии — это носители информации, не сама «фотография» как информация на ней! Порвать бумажную фотографию (документацию системы) — это не порвать человека, изображённого на фотографии (воплощение системы), и даже не порвать изображение человека на этой фотографии (описание системы), ибо оно может сохраниться на сотнях других носителей. Абсолютно такое же действие — выключить экран с фотографией, или стереть файл с фотографией (это не так символично, как порвать бумажную фотографию, но по сути — то же самое. Абстрактные объекты не горят, представление их на носителях обычно легко копировать, и уничтожение документа, а хоть и электронного — это не уничтожение описываемого документом объекта, а часто это и не исчезновение документированного описания, доступного на многих копиях документа). Концепт «1» по большому счёту даже не зависит от шрифта и прочих особенностей отображения, он абстрактен, может быть выражен множеством способов, множеством начертаний знаков.

И помним, что концептов в физическом мире нет, они абстрактны. Информационные модели (когда-то в прошлом веке их называли чертежами) абстрактны, документированы они во множестве копий, а описывают они воплощение системы, то есть физический мир.

Описания системы легко отличить от воплощений системы и документов системы — они не занимают места в физическом мире, у них нет объёма и координат в этом мире, они **абстрактны**, «идеальны», нематериальны как противоположность материальному/физическому. Системы и системные документы (документы о системах) материальны, они занимают место в физическом мире.

Людей в конечном итоге интересуют воплощения системы, а описания и документация системы их интересуют ровно постольку, поскольку без них воплощение системы трудно сделать, особенно когда речь идёт о системах, создаваемых многими людьми.

Различение воплощения, описания, документации системы нужны в том числе и для того, чтобы предотвращать распространённые ошибки людей, играющих роли разработчиков в проектах по созданию систем:

- Когда люди даже и не думают создавать систему, а пишут очередную «концепцию». Нужно проверить, описывает ли концепция что-то существующее в реальности, а не просто описывает создание документации и избегает описания воплощения системы.

- Когда разработчики документации считают, что их целевая система — документация. Нет, их целевая система — воплощение системы, без воплощения системы не стоит и заводитьсь с её описанием, документированием этого описания. Без намерения сделать систему речь идёт о «художественных описаниях», в них могут быть любые ошибки.

- Разработчики исходного кода программ (это тоже описание воплощения системы) тоже считают, что их обязанности за-

канчиваются тогда, когда они сдали документацию (исходный код с любым количеством ошибок) в систему хранения версии (носитель — внешняя память компьютера хранения версии). Нет, и нет: их целевая система — работающая программа (меняющая своё состояние! Переменные программы меняют своё состояние в памяти компьютера! Это физический процесс!), а не исходный код на любых его носителях.

- Менеджер, разработавший план мероприятий (описание системы работ, существующее в виде документации системы в программе проектного управления), воплощением системы для него будет система работ, а не этот план (а целевой системой, скорее всего — та система, которая получается в ходе этих работ).

- ... и таких ошибок «описания вместо созидания» множество, на них нужно всегда обращать внимание. В частности, если речь идёт о работе аналитика, то вероятность получить не выходящее в физический мир «описание» как конечный результат, но не «изменение физического мира» растёт. Инженеры меняют мир, аналитики (по определению!) мир не меняют и нужно проверять, есть ли ещё в проекте «синтетик», воплощение искать у него. **Если проект в конечном итоге не меняет физический мир, то его можно не делать, ведь ничего в мире не изменится!**

Результат работы проектировщика атомной электростанции — в конечном итоге воплощение атомной электростанции, а не бумажная документация на её строительство или даже информационная модель атомной станции в десятке компьютеров. Результат работы хореографа — это в конечном итоге сам танец (исполняемый в конкретное время в конкретном физическом месте во вселенной), а не описание танца в головах танцоров, или даже документ о танце как листочек бумаги с описанием танца. И это несмотря на то, что проектировщик сам не строит атомные электростанции, а только их описывает, а «хореограф» в его изначальном значении тоже «описатель» танца (от др.-греч. χορεία — хороводная пляска, хоровод + γράφω — записывать,

писать. Первоначальное значение хореографии — это отнюдь не сочинение и постановка танцев, а именно искусство записи танца).

Люди ходят не по карте, а по территории. Карта — это только описание территории, которое может быть представлено в разных документах (электронных или бумажных, или пластиковых), и это верно для всех описаний/документов, не только для географических карт.

Карта коктейлей — это не коктейли, её не пьют. Карта находится в мире информации, даже если на ней изображены картинки настоящих коктейлей. Информация не занимает пространства-времени, она абстрактный объект, а не конкретный, даже если её нельзя представить без носителя. Карта не занимает пространства-времени. По ней нельзя «постучать», на неё нельзя «показать пальцем», как нельзя постучать по «числу 300», но можно постучать только по «изображению числа 300» на каком-то носителе.

Если же говорят, что карта занимает место/объём в пространстве-времени, то речь идёт не о самой карте как информационном, абстрактном объекте, а о материальном носителе карты — бумаге и краске. Но нарисованные на карте объекты не существуют, стучать и показывать пальцем можно только на участки бумаги (или участки экрана, если это экран, или участки магнитной памяти, если это магнитная память), а не на изображённые на карте объекты. Карта-на-носителе документирует какие-то воплощения систем (или другие описания, которые в конечном итоге всё одно должны будут дотянуться как-то логически до физического мира — иначе нельзя будет проверить их нефантазийность). Карта коктейлей в данном случае — не система, а только документация системы «ассортимент ресторана» (system description/documentation), а информация на ней — описание системы (system definition).



А вот сами коктейли, документируемые картой/описываемые информацией на карте — это системы (воплощения системы: **продукты, изделия, предприятия, люди**), они занимают место в пространстве-времени, по ним можно постучать, на них можно показать пальцем, их даже можно выпить. Картинки коктейля не выпьешь. Информационная модель атомной станции электричества не вырабатывает. Описание танца не вызывает тех же эмоций, что сам танец.

ОПИСАНИЯ

Но зачем нам нужны описания, если их нельзя использовать?! Они нам нужны для мышления, которое используется для переноса опыта из одного проекта по созданию систем в другие проекты.

Мышление происходит не для отдельных систем, а сразу для множеств систем. Разработка (замысливание, проектирование) всегда ведётся не для конкретных экземпляров систем, а «в общем случае», то есть для множества подобных систем.

Множество (как математический объект, другие имена для множества — это класс, тип, вид) абстрактно. В математике мно-

жество из одного объекта не эквивалентно этому одному объекту: свойства множества отличаются от свойств самого объекта в этом множестве.

В системном мышлении то же самое: нас интересуют отдельные конкретные системы, воплощённые в нашем физическом мире, но мыслим мы классами систем, их множествами. Мышление ухватывает что-то общее во всех ситуациях, мышление происходит не для конкретных систем, о которых мы знаем разные факты. Мышление происходит для **классов/типов/множеств/видов** систем/воплощений_систем/экземпляров_систем. И, конечно, множества легко изменять: для изменения абстрактных объектов не нужно тратить энергию на перетаскивание вещества воплощения системы, нужно тратить энергию только для изменения вещества для воплощения знаков, это неизмеримо меньшее количество.

Информационные технологии работают с описаниями, так что это первые кандидаты на ошибки. Вы сможете сообразить, что фотография человека — это не человек, на ней изображённый. Чуть трудней будет сообразить, что табличка с данными температуры ракетного двигателя на листочке бумаги — это описание ракетного двигателя, а сам листочек бумаги тут не важен. Но вот если речь идёт о небольшой базе данных, в которой описывается поведение ракетного двигателя в серии испытаний — вот тут наступает ступор, ибо сама база данных представляется какой-то системой. Нет, база данных тут — описание ракетного двигателя, просто в менее привычной форме, не на бумаге. Умение восстановить описываемый объект в физической реальности — это ключевое умение для всех, кто встречается с современными информационными технологиями.

Это не означает, что в какой-то момент нас не будет интересовать программная система как физический объект. Будет, как бумажная книга интересует типографа. Но мы не обсуждаем с типографом сюжет книги. Так и с администратором датацентра, который нужен для физического существования компьютерной программы, мы не обсуждаем её «сюжет». Интересуйтесь

не самой программой, интересуйтесь теми воплощениями системы, которые описывает программа, на изменения которых хотят влиять авторы программы. А потом уже судите о том, насколько авторам программы удалось реализовать их замысел. Если это софт покупок в магазине, то он описывает реальные физические продукты, находящиеся на складе в магазине и потенциально приезжающие к вам, приезжающие в физическом мире. Если это не так, то к программе появляются вопросы. Сама по себе программа не нужна, нужна она только для того, чтобы изменять физический мир при помощи заключённых в ней описаний. **Не обольщайтесь физичностью происходящего в типографии, физичностью происходящего в датацентре. Удерживайте внимание на физичности того, что описывается носителями информации.**

Для этого нужно обладать кругозором и прикладным мастерством. Если вы изготавливаете ERP-систему (enterprise resource planning, планирование ресурсов предприятия), то вы должны понимать: это всё самые разные описания потока ресурсов (ресурсы — это сырьё, полуфабрикаты разной степени обработки и сборки, конечная продукция, «застаревшие» в предприятии, которое что-то выпускает — всё это физические предметы, занимающие место в пространстве-времени). Вот ERP-система существует как информационная модель, современная «ручка-бумажка», отражающая состояние этого потока ресурсов. Её единственная цель — учёт этих ресурсов с целью максимизации прохода этих ресурсов по предприятию (ибо чем больше пройдёт через предприятие сырья и выйдет готовой продукции, тем больше будет встречный денежный поток). Если не брать в расчёт **решений по физическому изменению потока ресурсов** (заказ новых партий сырья, загрузки того или иного оборудования, взаимодействия тех или иных складов, отгрузки по тем или иным контрактам), то ERP-программу со всеми её базами данных можно бы не делать, физический мир не изменился бы!

Фотография/проект/описание всегда чего-то, ERP-программа делает «фотографию» потока ресурсов предприятия как во-

площения системы. Воплощение системы, которое нас интересует — это не воплощение самой ERP-системы как воплощение «фотографии». Оно, скорее всего, банально, как воплощение книги — все они более-менее похожи, пара сотен склеенных страниц с частицами краски на них. Разница только в содержании книг, так и с софтом — воплощения софта похожи, разница только в содержании софта, что отражает софт в физическом мире, что он описывает! **Воплощение системы в случае ERP-софта — это поток ресурсов предприятия, физический объект.** Если вы ничего не знаете про этот физический объект, то вы будете безуспешны, никакая системность мышления вам не поможет. Фотограф, который ничего не знает, как снимать во внешнем мире, но отлично обрабатывает фотокарточки — он не будет успешным фотографом. **Системное мышление помогает мыслить тем, кто знает свою предметную область. А кто не знает свою предметную область, им уже ничего не поможет. Они будут описывать странное, реализовывать случайные изменения в физическом мире, или вообще не затрагивать физический мир своими фантазиями.** Это не так плохо. Котят мало что меняют в физическом мире, но всегда накормлены и ухожены. Люди, если они не кусаются, тоже будут всегда накормлены, независимо от результата их работы.

Ищите воплощения системы, системное мышление — про физический мир, хотя и имеет дело с описаниями. Но описания ничто, а вот описанное ими — всё. **Все описания делаются только ради того, чтобы менять описанное в физическом мире!**

КАК ДОГОВОРИТЬСЯ: НЕ ОБОБЩАТЬ, А КОНКРЕТИЗИРОВАТЬ

Если один человек упомянул президента США, а другой — Дональда Трампа, то они имели в виду одно и то же лицо? А если другие люди упомянули президента США и Джорджа Вашингтона — они имели в виду тех же лиц? В инженерии тоже нужна жёсткая логика для подобных рассуждений — описанный одним

человеком насос Р-101 на схеме трубопроводов, и описанный другим человеком насос модели ПДР-15-НШ-12 в монтажной спецификации — это один и тот же насос? А установленный в турбинном зале насос ПДР-15-НШ-12 с серийным номером RKS456/4 — как он соотносится с первыми двумя? Как описать это «в компьютере» так, чтобы и самому не запутаться, и других не запутать?

Ещё Декарт (1596—1650) задавался вопросом: а как вообще понять, что люди говорят об одном и том же объекте, если они видят в нём самые разные свойства (то есть относят его к самым разным классам)? Скажем, один инженер говорит о высокопроизводительной системе, другой — о взрывоопасной, менеджер — о прибыльной, а финансист — о дешёвой? Как тут понять, что речь идёт об одной системе? Ответ Декарта на такие вопросы используют до сих пор¹: если места в пространстве (а сегодня говорят не только о пространстве, но и пространстве-времени, учитывая протяжённость и во времени тоже, как «декартову координату»), у двух объектов совпадают, то это один и тот же объект. Не важно, какие основные или вторичные характеристики, свойства и части увидели разные люди в объекте/системе, или для каких применений этот объект/система им нужна. Не важно, одинаковые или разные имена у тех мест в пространстве-времени, о которых говорят разные люди с разными предметами интереса в той или иной ситуации. Если речь идёт об одном и том же месте пространства-времени, значит речь идёт о том же самом воплощении системы. Если я говорю о пище, вы говорите о яблоке, она говорит о товаре, он говорит о зелёном физическом теле массой 150 грамм, и все мы показываем на одно и то же место/объём в пространстве-времени, то речь идёт об одном и том же объекте. Если кто-то показывает

¹ Подробней эта история и многие другие положения этого раздела рассказаны в книге по онтологии Chris Partridge «Business Objects: Re-Engineering for Re-Use», <https://b-ok.cc/book/3424697/f14d0b>

в физическом мире (в пространстве-времени!) на бабочку с крыльями и говорит «бабочка», а кто-то другой показывает в физическом мире на изменяющийся во времени и перемещающийся в пространстве объект яйцо-гусеницу-куколку-бабочку-с-крыльями и говорит «бабочка», то у этих двоих есть шанс понять друг друга.

Важно, что «ход на понимание» тут на конкретику (воплощение системы, физический мир), а не на «определение» (то есть отнесение какого рода объектов к их виду — «определение по Аристотелю»). **Выдача определений и требование определений обычно затуманивает понимание в сложных ситуациях, а проясняют примеры воплощений из физического мира — все споры о терминах прекращают именно такие примеры.** Если тут в учебнике системного мышления выдать глоссарий, выдать набор определений, то понимание материала ухудшится: формальность изложения поднимется, а связь с физическим миром станет хуже.

Если не требовать, чтобы все рассуждения, все описания систем, которые делают люди, в конечном счёте привязывались бы к воплощениям систем, то мы не имели бы возможность проверить, об одном и том же говорят люди, или о разном. Более того, были бы огромные проблемы с проверкой того, говорят ли люди о реальном мире или высказывают благие пожелания, или просто фантазируют, или даже сознательно не хотят доводить свои мысли до реальности. Упор на то, что описания и документирование системы происходит по поводу воплощения системы в физическом мире (а не на описания) позволяет до некоторой степени игнорировать различия в используемой людьми терминологии — ибо в конечном итоге всегда можно проверить, одно и то же понятие люди обозначают разными терминами, или разные: даже если речь идёт об абстрактных понятиях, всегда можно указать примеры из реального мира.

Это не означает отказа от описаний: описания нужны, чтобы переносить знания про одни места в физическом мире (воплощения системы) на множество таких мест (на классы систем).

Описания систем поддерживают абстрактное мышление, но в конечном итоге всё решает деятельность: воплощения системы в реальном мире. Описание помогает удержать внимание на важных соображениях по поводу физического мира, но не более того. Физический мир главный, системное мышление удерживает на нём внимание, для этого в системном мышлении используется понятие воплощения системы.

ОТНОШЕНИЕ СОСТАВА

Главные отношения в системах (воплощениях систем) — это отношения «часть-целое» (part of), они же **отношения состава/сборки** (composition). Инженеры часто говорят об этом как о разбиении (breakdown) системы. В системах главное — это системные разбиения/breakdowns. **Уровни этого разбиения — это и есть системные уровни. Разбиения делаются вниманием, ничего в физическом мире специально не разбивается! Если вы разбили бабочку на крылья, тушку, ножки и усики, то это не означает, что вы оторвали от тушки крылья, ножки и усики: нет, вы просто выделили в живой бабочке эти части своим вниманием!** Более того, вы и саму бабочку выделили вниманием как часть её окружения!

Основной ход в разбиениях — это от части к целому. Часть хорошо видна, отлично выделяется, а вот целое часто приходится искать. Системное мышление называют поэтому холистичным/ориентированным на целое/holistic.

Крыло и фюзеляж — части самолёта, топливный насос — часть двигателя. Крыло (все молекулы крыла) занимают часть всего объёма самолёта, то есть часть занимаемого им места в физическом мире/пространстве-времени, топливный насос занимает часть двигателя. Все молекулы топливного насоса являются частью молекул двигателя — молекулы же определяются как такие маленькие места в физическом мире. Если речь пойдёт о каких-нибудь нанопокровениях толщиной в пару молекул, можно повторить рассуждение, перейдя к каким-нибудь квар-

кам — нюансы с квантовой неопределённостью тут неважны, важен принцип рассуждения про части материального мира.

Если принять, что все системы существуют не просто в физическом пространстве, но в пространстве-времени, то весь разговор о разных состояниях системы или её разных ролях превращается в разговор о частях во времени. Например, яйцо является просто частью бабочки во времени — пока бабочка проходит стадию «яйцо», никакой другой «бабочки» в мире, которая занимает место яйца в физическом мире, нет.

Тем самым с состояниями системы или её ролями (те состояния/периоды времени, когда система выполняет какую-то роль) можно работать как с отдельными объектами, они могут получать отдельные имена. Бабочка на стадии «яйцо» называется «яйцо». Пётр Сидорович в состоянии болезни называется «пациент». И «пациент» тут просто роль/состояние Петра Сидоровича.

Удобно представлять воплощения системы эдакими «червяками» во времени, в которых их место в физическом мире проходит какую-то траекторию во времени/«развёртку во времени».

