

Анатолий Левенчук



**ПРАКТИЧЕСКОЕ
СИСТЕМНОЕ
МЫШЛЕНИЕ
2023**

Учебник

Анатолий Левенчук

**Практическое системное
мышление – 2023**

«Издательские решения»

Левенчук А.

Практическое системное мышление – 2023 / А. Левенчук —
«Издательские решения»,

ISBN 978-5-4490-4439-6

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.

ISBN 978-5-4490-4439-6

© Левенчук А.
© Издательские решения

Содержание

1. О мышлении	11
Перед тем, как заняться системным мышлением	11
Особенности подачи учебного материала	13
Разные мышления	15
Требования к мышлению	17
Заменяет ли системное мышление прикладное мышление?	21
Место системного мышления среди других мышлений: интеллект-стек	23
Готовность к (мыслительному) действию	30
Варианты системного мышления	34
Труд: системная инженерия	40
Конец ознакомительного фрагмента.	42

Практическое системное мышление – 2022

Учебник

Анатолий Левенчук

© Анатолий Левенчук, 2022

ISBN 978-5-4490-4439-6

Создано в интеллектуальной издательской системе Ridero



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 и корпоративных предпринимателей и исследователей, людей творческих профессий, общественных деятелей 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 мышление кладётся в основу самых разных деятельностей и практик, меняющих мир на самом разном системном уровне – вещества, существа, киберфизической системы, личности, организации, сообщества, общества и даже человечества.

Пользование учебником/прохождение курса подразумевает некоторый опыт участия в сложных коллективных проектах из реальной жизни (не простых «учебных проектах» на одного человека, а «настоящих», рабочих!), 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 курса/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 фундаментальное, 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, куда направить внимание в самых разных проектах, что именно реально важно и почему это важно, подскажет как это важно 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 лишней 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. Также в учебнике учтены последние результаты исследований по физическим основаниям биологии, включая объяснительные теории эволюции, происходящей на разных системных уровнях. Это представлено в учебнике не слишком подробно, но даны все необходимые ссылки на литературу, чтобы дальше любознательным студентам можно было разобраться самостоятельно. Материал учебника представляет безмасштабную (от молекул до человечества в целом) версию системного мышления, а также деантропоморфизированную (нет предположения, что рациональный агент – это обязательно человек-индивид) версию методологического мышления.

Учебник/курс подготовлен на основе десятилетнего опыта преподавания практического системного мышления как в многочисленных вузах, так и в системах повышения квалификации инженеров, менеджеров, технологических предпринимателей, преподавателей и людей самых разных других занятий, в том числе и особенно в Школе системного менеджмента¹, где автор является научным руководителем. В дополнение к учебнику онлайн-курс² содер-

¹ <http://system-school.ru/>

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

жит большое количество вопросов с авторскими ответами, а также упражнений по системному моделированию (моделированию, опирающемуся на понятия системного подхода).

Изложение методологии системного подхода и каких-то элементов онтологии даётся универсально для инженеров «железных» и программных систем, менеджеров и предпринимателей, деятелей культуры, политиков и людей, которые занимают самых разные другие прикладные трудовые роли. В то же время в учебнике/курсе отсутствуют подробные материалы по традиционным курсам системной инженерии, системного менеджмента, технологического предпринимательства, организации образования, госуправления и прочим прикладным дисциплинам. Для получения полноценного трудового кругозора по самым разным практикам изменения мира на отдельных системных уровнях (повторим их примерный набор: вещества, киберфизических систем, существа, личности, организации, сообщества, общества, человечества) нужно проходить отдельные курсы. Нельзя считать, что можно только при помощи системного мышления решать задачи системной инженерии, ещё приложения к организациям (системного менеджмента как организационной инженерии, включая операционный менеджмент как эксплуатационная инженерия, организаций) и предпринимательства (включая корпоративное, «спонсорство проектов», инициативную инженерию), опираясь только на него, но без обращения к прикладным знаниям по созданию и изменению тех систем, которыми приходится заниматься, причём даже не на кругозорном уровне, а на профессиональном уровне. «Как мне быть в моём проекте вот с такой проблемой» обычно решается с помощью системного мышления, организующего применение прикладного мастерства в самых разных видах труда, но не заменяющего само это прикладное мастерство. Системное мышление не эквивалентно понятию «интеллект», это набор мыслительных приёмов, собранных вокруг понятий системного подхода, разрабатывавшихся в ходе развития самых разных фундаментальных дисциплин, входящих в интеллект-стек (системная инженерия, методология, риторика, этика, эстетика, исследования, рациональность, логика, алгоритмика, онтология, теория понятий, физика, математика, семантика, собранность, понятизация). Чтобы усилить свой интеллект, нужно проходить курсы не только по системному мышлению, но и по другим мыслительным приёмам, основанным на фундаментальных дисциплинах – онтологии и коммуникации, методологии, системной инженерии, а если эти курсы оказываются трудны, то можно начинать с подготовительных курсов (скажем, для настоящего курса подготовительным будет курс «Введение в системное мышление»³). 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 учебника в этом издании был фактически переписан в седьмой 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-курс 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 фундаментальными дисциплинами интеллект-стека. В шестой версии 2022 года была опять упрощена терминология и внесены изменения для поддержания актуальности материала. В настоящей седьмой редакции основное изменение – это отделение материала про «не жизненный, не цикл» в отдельный курс методологии, а также дополнение курса материалами по безмасштабному и деантропоморфизированному мышлению, подкреплённому современными находками не только инженерии

³ <https://system-school.ru/systems-thinking-intro>

и менеджмента, но и физики с биологией. Учебник получил название «Практическое системное мышление», чтобы отразить проактивный/epactive характер деятельности агентов, меняющих мир. Деятельность/труд/практика/инженерия в этой версии учебника стали синонимами, относящимися к времени разработки и изготовления/модификации систем создания, но всё-таки отличаются от работ, которые остались для обсуждения времени «эксплуатации» систем создания в цепочках создания. Менеджмент тем самым стал синонимом инженерии предприятия (системный менеджмент – системной инженерии предприятия), предпринимательство понимается как деятельность/инженерия по основанию предприятий «с нуля» (business engineering), его обычно выполняет роль основатель/founder, которая по факту тоже относится к менеджерским ролям, а в корпоративной среде это «спонсор проекта»/корпоративный предприниматель. Это позволяет выделить разговор о безмасштабной и системной инженерии/деятельности/практике как общих приёмах/методах инициативного/творческого/предпринимательского/проактивного/исследовательского изменения мира методами той или иной инженерии/практики/деятельности, так что все прикладные деятельности (инженерия киберфизических систем, коучинг и психотерапия, менеджмент, строительство сообществ, общественная деятельность/политика и т.д.) можно считать разными изводами этой общей практики системной инженерии, имеющей в своей основе системное мышление и системную методологию. Всё это существенно унифицирует рассуждения по поводу самых разных систем самого разного масштаба, самых разных системных уровней – от простейших механических и биологических до сложнейших социальных.

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 более чем 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»⁴, в котором помогают стать собранным, чтобы справляться с курсами по усилению интеллекта. Не будет лишним пройти предварительно и курс «Онтология и коммуникация»⁵, а для некоторых может быть полезным пройти и облегчённый неполный вариант изложения системного мышления в курсе «Введение в системное мышление»⁶.

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 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-курса⁷. 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 систем-

⁴ <https://system-school.ru/introonline>

⁵ <https://system-school.ru/united>

⁶ <https://system-school.ru/systems-thinking-intro>

⁷ задачи и упражнения по системному моделированию доступны в онлайн-курсе <https://system-school.ru/systems-thinking>

ного 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 дополнительную 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 эссе⁸ 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 – «Прикладное системное мышление», второй семестр «Методология», далее идут кругозорные курсы «Системная инженерия», «Системный менеджмент», и другие в самых разных их вариантах, пример такого курса «Мастерство обучать образованных»⁹ как курс для «инженеров личности», создающих учебные курсы для людей), 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 проектноую работу в обучении заменить не смогут.

Учебник вводит понятия требований, архитектуры, проверки и приёмки, конфигурации, управления работами, других 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 системной инженерии и прикладных инженерных практик инженерии киберфизических систем, программной инженерии, системного менеджмента, культурного строительства, технологического предпринимательства, социальной инженерии. Изучение таких практик даже на кругозорном уровне обычно требует дополнительных долгосрочных усилий и отдельных курсов, но этому изучению должно предшествовать знакомство с фундаментальными дисциплинами, чему предназначен и наш учебник. Читатели предыдущих версий учебника неодно-

⁸ Никакого «шаблона эссе» при этом не предлагается, <https://ailev.livejournal.com/1387943.html>

⁹ <https://system-school.ru/teaching>

кратно замечали, что после знакомства с системным мышлением учебники других инженерных, менеджерских, и даже творческих (например, хореография, спорт) дисциплин становятся понятней, и становится ясней взаимоувязанность разных дисциплин в сложном проекте, который работает с системами самых разных системных уровней – от простого «косного вещества» до человечества в целом.

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

- «дьявол в деталях»: углубиться в изучение отдельных инженерных, менеджерских, творческих, социальных 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 кругозорных и прикладных практик, а также переносить накопленный опыт из проекта в проект. Это образование практического инженера, менеджера, предпринимателя/основателя компаний, деятеля искусств, общественного деятеля/политика 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 фундаментальных дисциплин интеллект-стека. Это образование человека, который занимается бесконечным познанием, бесконечным развитием. Мы крайне рекомендуем продолжить изучение материала учебника в курсе методологии¹⁰ (по факту этот курс является продолжением материала системного мышления, он посвящён жизненному циклу систем).

Активное участие в подготовке материала книги приняли преподаватели, аспиранты и студенты кафедры технологического предпринимательства МФТИ, преподаватели, студенты и выпускники Школы системного менеджмента, директорат Русского отделения INCOSE. 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, мордокниге, вконтакте, фри-фиде), 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

¹⁰ <https://system-school.ru/methodology>

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 земли¹¹.

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 использование в мышлении понятий системного подхода (идеи о том, что весь мир состоит из взаимодействующих вложенных друг в друга физических систем, являющихся устойчивыми по отношению к окружающей их среде объектами). Современный человеческий человеко-машинный интеллект (люди думают сегодня уже не столько с помощью ручки-бумажки, сколько с помощью компьютера) основывается на знаниях фундаментальных дисциплин, которые насквозь пронизаны понятиями системного подхода и используются, чтобы рассуждать о системах самого разного масштаба: от элементарных частиц до квазаров. Вот эти дисциплины: инженерия, методология, риторика, этика, эстетика, исследования, рациональность, логика, алгоритмика, онтология, теория понятий, физика, математика, семантика, собранность, понятизация. Эти фундаментальные «безмасштабные» (термин из физики, *scaleless*, отсутствие указаний на размер обсуждаемых объектов – элементарная ли частица, человек, гора или квазар) дисциплины (знания, объяснительные теории) лежат в основе практик мышления, которые мы называем интеллект-стеком.

А ещё есть прикладные практики мышления и действия – они используют мыслительные практики интеллект-стека для того, чтобы создавать и изменять (то есть вести инженерные работы) системы какого-то определённого масштаба, какого-то определённого уровня организации, эволюционного уровня, системного уровня. Разные варианты названий уровней – это разные варианты сказать об одном и том же в части выбора конкретного масштаба/размера систем разного вида: мы будем выделять тут уровни вещества, киберфизических систем как механоэлектрических с компьютерами в их составе, живых существ, разумных личностей, организаций, сообществ, обществ, человечества). Скажем, классическая системная инженерия – это инженерия киберфизических систем (роботов, авиалайнеров), медицина – это инженерия (главным образом ремонт) человеческих существ, образование – это инженерия (главным образом модернизация) личности, менеджмент – это организационная инженерия.

Системный подход оказался настолько важен в инженерии, что сама инженерия в её наиболее общем варианте стала называться «Системная инженерия». Впрочем, и о современной методологии можно смело говорить «системная методология», ибо в её основе тоже существенно использована идея системного подхода, да и физика использует понятие «физической системы» в качестве одного из основных, и сам термин пошёл оттуда. Другое дело, что физику «системной» не называют, там системы привычны. А вот «системная биология» – это инженерия искусственной жизни. Подробнее об интеллект-стеке фундаментальных/безмасштабных

¹¹ Zalasiewicz и др., «Scale and diversity of the physical technosphere», Zalasiewicz и др., <http://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/2053019616677743>

практик и наборе прикладных практик для систем разных масштабов/разных уровней организации/системных уровней можно узнать в курсе «Образование для образованных»¹².

Тем самым системное мышление – это некоторое подмножество мышления как работы интеллекта, а именно некоторое множество мыслительных приёмов из самых разных дисциплин, которые используют отношение «часть-целое» между объектами в физическом мире. Это удивительно эффективные мыслительные приёмы, которые помогают разобраться со сложностью окружающего мира.

Перед тем, как заняться изучением системного мышления, нужно понять общие требования к мышлению (не только системному! К другим мыслительным практикам тоже!). Также нужно ответить на вопрос: чем отличается системность и систематичность. А ещё в мире существует много вариантов системного мышления, базирующихся на разных вариантах системного подхода, так что нужно будет понять, какой вариант выбран для нашей книги/курса.

Дальше в этом разделе будет некоторое количество замечаний, как относиться к терминологии (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»? Да, конечно!).

Но можно ли вообще научить мышлению, или нужно просто родиться умным? А 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 (ибо задачу из учебника ты просто решаешь, а в жизни задачу надо сначала поставить, и только потом решить – и ставить задачи труднее, чем их решать).

И только после рассказа обо всём этом в следующей главе мы начнём изучать основные понятия системного подхода и связанные с ними мыслительные приёмы самых разных фундаментальных дисциплин. Продолжением нашего курса/книги будет отдельный курс по (системной) методологии, где понятия системного подхода будут использованы для обсуждения устройства труда (методов труда) по созданию систем как жизненного цикла систем (это живые системы «вырастают сами», но если речь идёт о создании чего-то людьми, то нужно обсудить, как связаны системы-создатели, состоящие из людей и инструментов с создаваемыми ими целевыми системами). Дальше системное мышление и системная методология будут использованы в курсе (безмасштабной, для всех видов систем) системной инженерии¹³. И дальше всё это может быть использовано для всевозможных прикладных курсов – и кругозорных «по верхам», и профессиональных подробных.

¹² Курс <https://system-school.ru/uptodate>, книга https://ridero.ru/books/obrazovanie_dlya_obrazovannykh

¹³ <https://system-school.ru/engineering>

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 не знакомого с ними студента¹⁴:

- Используются принципы «разнесения» (spacing) и «перемешки» (interleaving). В тексте идёт постоянное возвращение к каким-то темам через разные промежутки времени (spacing), одновременное обсуждение виногрета 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 обучения¹⁵.

- 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 месяца, и к концу изучения последних глав содержимое первых глав успевает забываться, это описывается **кривой забывания**¹⁶. Мы понимаем, что не все решатся перечитывать учебник «для повторения», да ещё и в середине первого чтения, так что мы просто построили 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 повторов. 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: присваивание типов из учебника объектам из жизни делается не на основе схожести названий (слов), а на основе схожести понятий (ментальных моделей, стоящих за использованными словами-терминами)! Чтение становится более медленным, но это не так плохо!

¹⁴ Есть отдельный курс о том, как строятся учебные курсы – «Мастерство обучать образованных», <https://system-school.ru/teaching>

¹⁵ 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>.

¹⁶ https://ru.wikipedia.org/wiki/Кривая_забывания

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

В курсе системного мышления (в книге этого нет, поэтому мы настоятельно советуем проходить курс¹⁷, 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/моделированием¹⁸ очень хорошо себя зарекомендовала.

Если проходить курс оказывается очень трудно, то есть облегчённая версия курса, которая будет «ступенькой» в освоении системного мышления и методологии, курс так и называется «Введение в системное мышление»¹⁹. А уже после его окончания попробуйте пройти ещё раз наш курс, вам будет существенно легче это делать.

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

¹⁷ <https://system-school.ru/systems-thinking>

¹⁸ <https://ailev.livejournal.com/1513051.html> – и есть учебный курс, как онлайн, так и с преподавателем, где этому учат как отдельному мастерству, <https://system-school.ru/introonline>.

¹⁹ <https://system-school.ru/systems-thinking-intro>

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 для перераспределения инвестиций в новые технологии²⁰.

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.

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**²¹: 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 косвенно²².

Например, если нужно учить логике, то нужно учить прямо ей, а не через информатику и геометрию. 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 как использованию понятий системного подхода в самых разных мыслительных практиках она учит прямо, хотя и не касается при этом многих других понятий из этих мыслительных практик (скажем, более-менее подробно из онтологии в курсе системного мышления разбирается иерархия по отношению композиции/часть-целое, но вот другие виды отношений только упоминаются. Но в курсах по дисциплине «онтология» изучаются свойства и иерархий самых разных других отношений – классификации, специализации и т.д.).

Итак (подробнее это изложено в книге/курсе «Образование для образованных»²³):

²⁰ 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>.

²¹ Определение STEM: https://en.wikipedia.org/wiki/Science,_technology,_engineering,_and_mathematics

²² 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).

²³ Курс <https://system-school.ru/uptodate>, книга https://ridero.ru/books/obrazovanie_dlya_obrazovannykh

- Интеллект – это мыслительное мастерство решения проблем, которые не встречались ранее ни студентам, ни их преподавателям. 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 деятельностных/практических/практичных вычислителей, следующих мыслительным практикам (мышление – это вычисление! Никаких «получений информации из космоса/вакуума»!). Каждая мыслительная практика содержит в себе фундаментальную/безмасштабную/трансдисциплину (трансдисциплина – это использующаяся в самых разных других прикладных дисциплинах) из интеллект-стеков и подразумевает использование какого-то инструментария/технологии. Раньше технология усиления мышления для фундаментальных дисциплин была ручкой-бумажкой, но теперь чаще всего это компьютер с какими-то программами моделирования/моделерами. А в случае прикладных практик кроме моделеров на базе компьютеров будут ещё и задействованы инструменты, меняющие физический мир (скажем, экскаватор или станок с ЧПУ, но в простейших случаях хватает человеческих рук).

- Логичности, этичности, алгоритмичности, рациональности 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 – а без этого умнее не станешь! Трудовой/практический/инженерный кругозор нужно тоже учить, а не только получать «из опыта жизни на предприятиях», то есть «исподволь». Всё это относится и к каким-то отдельным мыслительным приёмам, используемым во всех этих мыслительных практиках, например приёмам использования понятий системного подхода: идеи о том, что весь мир состоит из вложенных на много уровней и взаимодействующих между собой физических систем.

Требования к мышлению

Интеллект²⁴ как деятельный 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 и тела. Мозг и тело дают возможности (сравните интеллект человека и шимпанзе), но и ограничивают (сравните интеллект человека на таком классе задач как умножение и деление многозначных чисел и абсолютно неинтеллектуальный электронный калькулятор).

- Выученный/приобретённый в ходе приобщения к человеческой культуре. Эта часть интеллекта включает в себя беглое владение в мышлении ограниченным кругом мыслительных практик, своими предметами имеющих окружающий физический мир с его неодушевлёнными предметами, живых существ, личности, организации этих личностей, сообщества и общества в этом мире, а также модели мира в личностях и компьютерах. Мышление тут вполне деятельно и инициативно: оно включает действия людей и их организаций и сообществ с миром и моделями мира. Чтобы о чём-то подумать, нужно на это что-то посмотреть, а для этого повернуть голову. Вот эти действия «повернуть голову и посмотреть» а иногда ещё и «полететь на Луну, и посмотреть» мы тоже включаем в мышление, оно телесно, деятельно и проактивно, а не пассивно и бестелесно.

Мышление – это поведение интеллекта в тот момент, когда интеллект пытается найти способы решения задач, которые раньше ему не встречались²⁵. Мышление – это практическое/деятельное вычисление/рассуждение, ибо интеллект – это реализованный мозгом и телом (embodied), или совместно работающими мозгом и компьютером, телом и экзотелом вычислитель-как-устройство, «мозг с глазками, ушками, ножками и ручками, компьютерами и инструментами». Мы не делаем предположений о том, как устроен интеллект его физической реализации, из каких частей мозга и тела он состоит и как именно они связаны, хотя и высказываем тут догадки по составу фундаментальных дисциплин интеллект-стека.

Этот набор фундаментальных дисциплин отличает современного высокообразованного человека от интеллекта дикаря. Интеллект может быть усилен в ходе обучения, интеллект дикаря существенно ниже интеллекта образованного человека именно из-за отсутствия образования. Если дикаря образовать, то он тоже будет умным! Без образования 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 и может быть усилен инструментально, 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 науке²⁶. Выучиваемость интеллекта подтверждается и экспериментами

²⁴ Более подробно об интеллекте и его составляющих рассказано в книге и онлайн-курсе «Образование для образованных», https://ridero.ru/books/obrazovanie_dlya_obrazovannykh, <https://system-school.ru/uptodate>.

²⁵ François Chollet, On the Measure of Intelligence, <https://arxiv.org/abs/1911.01547>

²⁶ <https://www.quora.com/What-was-John-von-Neumanns-IQ-Was-he-smarter-than-Einstein> – сравнение Альберта Эйнштейна и Джона фон Неймана, они оба были гениями. Нейман признавался всеми как ну очень умный и скоростной, явно умнее и быстрее Эйнштейна, с IQ явно побольше. И научных достижений у него было неисчислимо количество. Но вот Эйн-

с однояйцевыми близнецами, есть примеры, когда у однояйцевых близнецов IQ отличался на 16 единиц в силу разных условий их обучения, мозг ведь пластичен²⁷.

И всегда нужно помнить, что как дикарь становится удивительно грозным, когда у него в руках граната, так и усилить интеллект он может, если у него есть компьютер и другие инструменты. Но дикарь не сможет сработать со сложным компьютером и сложным инструментом, так что учиться для усиления интеллекта все равно придётся – просто так умным за счёт компьютера не станешь. Для усиления интеллекта нужно и образование человека, и мощный компьютер!

В ходе развития человеческой цивилизации выяснилось, каких усиливающих интеллект полезных свойств мы требуем от мышления (в том числе и системного мышления): **мышление должно быть системно, абстрактно, адекватно, осознанно, рационально, и это ещё не весь список!** Мы уже упоминали, что есть довольно большой список мыслительных практик, которые имеют дело с мышлением, и можно из этих практик выбирать какие-то приёмы, дающие желаемые свойства. Так, **системность мышления** означает, что весь мир мыслится с использованием понятий системного подхода: как состоящий из взаимодействующих систем, вложенных друг в друга по отношению «часть-целое», причём можно предложить несколько разных способов выделения частей из целого (функциональные части, конструктивные части, пространственные части, стоимостные части, и т.д.). Если мы договоримся, как именно мир разбит на какие именно системы, то мы сможем менять мир коллективно, а если не договоримся, то велик шанс того, что каждый будет менять понравившуюся ему часть мира, а вместе эти изменения не дадут желаемого результата. Понятие системы рассматривается в физике, отношении часть-целое в онтологии, способы деления на части – в методологии, приёмы инженерной работы – в безмасштабной системной инженерии (которая дальше специализируется для систем самых разных системных уровней/уровней организации/эволюционных уровней).

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 впрок, 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. Абстрактность рассматривается в понятизации, математике, онтологии, логике.

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

штейн признавался всеми как более медленный, но более глубокий учёный. В зачёт бралась глубина и новизна идей, а не скорость и количество спродуцированных идей, которые потом отнюдь не все пройдут проверку критикой и экспериментом. IQ у ещё одного гения физики, Ричарда Фейнмана, был 125, <https://www.quora.com/Was-Richard-Feynmans-IQ-really-125>. Весь вопрос, оказывается, не в большом IQ, а в том, как употребить мозг! Если мозг употребить правильно, то и небольшого IQ хватит, чтобы оставить след в истории. Если неправильно, то и большого IQ не хватит, чтобы хоть что-то изменить в мире к лучшему. И уж тем более IQ не определяет, насколько вы будете хорошим человеком.

²⁷ <https://www.psypost.org/2022/05/psychologists-found-a-striking-difference-in-intelligence-after-examining-twins-raised-apart-in-south-korea-and-the-united-states-63091>

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. Адекватность рассматривается в семантике, физике, онтологии.

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. Осознанность рассматривается в понятизации, собранности.

Рациональность – это возможность провести принятие решения на основе рассуждения 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, выдающего догадки, 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. Рациональность рассматривается в логике, а ещё и в дисциплине, так и называемой – «рациональность» (туда включаем генерирование догадок-опций при принятии решений на основании каких-то моделей и собственно теорию принятия решений, включая практичность/деятельность в принятии решений, что изучает подход *active inference*)²⁸.

Все остальные **требования к мышлению** – это чаще всего частные варианты или сочетания представленных. Так, «сильное мышление» обычно сводится к хорошему абстрагированию и адекватности, «мудрость» – это просто другие слова для адекватности и системности, «творческое мышление» – это задействование правильного абстрагирования, «рефлексия» – это осознанность, но только не на текущую ситуацию, а уже прошедшую. Но легко придумать и какую-то другую выборку мыслительных подпрактик из практик интеллект-стека. Например, «деятельное мышление» будет включать в себя главным образом рациональное мышление с акцентом не столько на познание, сколько на выход в (инженерные) проекты по измене-

²⁸ <https://ailev.livejournal.com/1611838.html>, <https://ailev.livejournal.com/1612513.html>

нию мира, задействование прикладных практик инженерии систем какого-то определённого уровня. Его же можно назвать и «предпринимательским мышлением» (одна система принимает решение о том, как изменить мир, в том числе и себя – «что-то предпринять», создать или изменить какую-то систему, предпринять инженерный проект, или «исследовать возможность выгодно изменить мир», что можно описать и как «исследовательское мышление»), оно же «трудовое мышление», оно же «практическое мышление», «проактивное/enactive мышление» и даже просто «инженерное мышление», ибо каждый инженер делает шаг в неведомое, планируя полезное в будущем изменение мира (предпринимательский/проактивный/творческий/исследовательский шаг) и выполняя потом актуальное изменение («рабочая» часть инженерии, «изготовление»). Почему всё это более-менее синонимично, станет понятно по мере изучения учебника, это всё отсылки к дисциплине методологии, учения о деятельности. Наш курс называется «Практическое системное мышление», это означает, что наш вариант системного мышления предназначен прежде всего для изменения мира к лучшему, а не просто «для понимания». Нет, мышление в нашем варианте не «пассивно», не «аналитично» (с результатом мышления в виде «аналитического отчёта о раздумьях»). Оно проактивно/деятельно/практично/трудово/инженерно, и к системному мышлению это тоже относится.

Мы вовсе не имеем в виду, что человек, умеющий абстрактно, адекватно, осознанно, рационально, системно мыслить, сможет решить любую задачу. Нет, для этого ему нужно обладать кроме мыслительного мастерства интеллект-стеков методологического и системноинженерного ещё и мастерством **предметных/прикладных (domain) рассуждений** – по прикладным (то есть используемым в рабочих проектах) практикам самых разных видов (инженерного) труда, а также нужно быть практичным/деятельным/предприимчивым/творческим/proactive/enactive. Каждый вид труда/деятельности имеет какие-то свои специфические предметные/прикладные рассуждения и действия, исполняемые той функциональной частью мозга и тела, которые мы назвали бы прикладным мастерством по отношению к мыслительному мастерству. 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, в том числе 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 преимуществ в решении прикладных задач! Более того, ошибки в мышлении могут появиться из-за игнорирования других дисциплин интеллект-стека: онтологии, экономики, методологии, алгоритмики. Если вы хорошо разобрались с тем, как строить иерархию по отношению композиции, но плохо понимаете отношение классификации, вам системное мышление не поможет, ошибки в мышлении будут по другим причинам, вам нужно будет доработаться с онтологией (например, пройти курс «Онтология и коммуникация»²⁹).

Системное мышление не заменяет прикладных/предметных рассуждений, равно как не гарантирует хорошего мышления по всем фундаментальным дисциплинам (например, оно не гарантирует рациональности: не факт, что вы будете принимать хорошие решения!). Но системное мышление усиливает, направляет и дополняет прикладные рассуждения, а также рассуждения в рамках фундаментальных мыслительных дисциплин. 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, а вам это потребовалось, то вам поможет не учебник системного мышления, вам поможет учебник сантехники. Другое дело, что системное мышление поможет выбрать современный/лучший учебник сантехники из многих имеющихся, разобраться в ситуации в целом (вдруг унитаз этот вообще не нужно ремонтировать, а проблема в чём-то другом: унитаз тут «симптом», а не «болезнь»!), удержит внимание на важных деталях постановки задачи. Но системное мышление не заменит знаний по сантехнике. Образование по инженерии систем-унитазов придётся-таки получить, освоить прикладную инженерную практику.

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 кулибинством³⁰. Народное изобретательство, без опоры на современные научные знания, лучшие инженерные образцы. Типа знахарства, только в инженерии. Иногда срабатывает и даёт работоспособную систему, но в серию на рынок не выпустить, «работоспособная система» – это необязательно лучшая в своём классе по характеристикам, надёжная, дешёвая в эксплуатации и готовая к массовому выпуску. Нельзя игнорировать достижения человеческой культуры. Нужно как минимум гуглить прикладное знание, ещё лучше – освоить прикладную практику из учебника, ещё надёжней – закончить учебные курсы по прикладной дисциплине. Плохо действовать всегда методом проб и ошибок, уповая на «свободу творчества» и приговаривая «некогда исследовать вопрос, некогда учиться, работать надо». «Изобрести что-то на коленке» – это ж и есть «попробовать, вдруг получится», такой метод техноэволюции в конечном итоге очень дорог, разве только у вас миллионы лет в запасе, как у природной эволюции. Конечно, метод проб и ошибок в инженерии используется, в инженерии он признан, но он не главный (если бы был главным, то инженерам не нужно было бы образования!).

²⁹ <https://system-school.ru/united-online>

³⁰ Вот примеры кулибинства: <https://vk.com/club45696675>

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, а не заменяет его.**

Место системного мышления среди других мышлений: интеллект-стек

Но сразу освоить прикладное мышление (например, инженерию требований, или ведение обучения людей с использованием педагогической практики *blended learning*, или ремонт единиц на космических кораблях), да ещё потом и сочетать мышления для разных деятельностей в сложных проектах, в которых задействованы сотни людей, не удаётся. Прикладное знание должно опираться на фундаментальное знание, без фундаментального образования хорошо применить прикладной метод не получится. Люди просто обязаны использовать фундаментальные знания человеческой цивилизации, ибо на стыках любых прикладных знаний будут встречаться ситуации, не описанные ни в одном учебнике.

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. На кону примерно такая разница между скоростями работы необразованных людей и образованных: необразованные люди (дикари) знают мало о структуре мира, а образованные – много. Надо учиться, чтобы быстро решать задачи.

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, а современный мозг ещё и использует компьютеры для усиления скорости своего мышления (и даже не за счёт компьютерных вычислений, а просто за счёт помощи компьютера в организации памяти и удержании внимания, компьютер как «ручка-бумажка» тоже крайне эффективен для мышления!).

Освоение нового мастерства идёт у человека не через «природную смекалку», а через «облагороженную образованием смекалку», через знания о структуре мира и структуре задач, а также знания о том, какие доступны инструменты (например, компьютеры как универсальные модели для системного моделирования самых разных объектов).

Умение и навык, скилл – это элементы владения какой-то прикладной дисциплиной, интеллект – это мастерство владения фундаментальной дисциплиной (трансдисциплиной), которая работает с объектами прикладных дисциплин. **Трансдисциплины/фундаментальные дисциплины – 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 фундаментальным дисциплинам человека может занять несколько часов, или даже несколько секунд.

Этот целый стек/стопку поддерживающих друг друга фундаментальных дисциплин/трансдисциплин мы назовём **интеллект-стеком**. Равным образом мы будем говорить о фундаментальных мыслительных практиках, которые используют не только понятия из фундаментальных дисциплин (трансдисциплин), но и технологии/инструменты и материалы. В случае трансдисциплин это обычно модели (из ручки-бумаги или компьютера), а расходным материалом к моделирующему идёт кофе для человека-модельера. Другие инструменты в фундаментальных дисциплинах редки, ибо несмотря на практичный характер мышления, интеллекту больше нужно моделировать мир, нежели непосредственно его менять в действии, если речь не идёт

всё-таки о переходе к мышлению методом деятельных проб и ошибок (не высказыванием догадок и их критикой, а «активным зондированием», деланием догадок и наблюдением результатов – получилось или нет). В этом случае перехода к прикладной инженерии «пробами и ошибками» в старой или даже новой малоизвестной предметной области для изменения мира задействуется изобилие самого разного инструментария и применяются самые разные исходные материалы: станки, химические реагенты, дрессированные животные, солнечный свет, вода в пруду, часы, балетный станок, квантовый компьютер, и т. д.

Приведём краткое описание фундаментальных дисциплин интеллект-стека в обратном порядке, снизу-вверх, чтобы было понятней, как одни дисциплины пользуются в своих объяснениях понятиями, уже введёнными другими дисциплинами:

- Понятизация учит выделять фигуры из фона и делать их предметами рассмотрения.
- Собранность учит удерживать во внимании «объекты», которые уже обсуждены в понятизации и даёт понятие о сознании.

- 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.

- Математика учит тому, какие бывают абстрактные объекты и их отношения, какое поведение абстрактных объектов. Но семантика уже сказала про их существование.

- Физика учит поведению физических объектов, которые представлены математическими объектами. Семантика уже рассказала о том, что физические объекты представляются в мышлении ментальными/математическими объектами. Но в том числе в физике затрагиваются вопросы физико-математической теории информации: как именно математические объекты представляются в физическом мире («математик и астрофизик – физические объекты»). Именно в физике вводятся понятия системы и многие другие понятия системного подхода.

- 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. Физика (и в ней 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 многоуровнево 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). Модели задействуют понятия (используем теорию понятий) и выражают свойства физического мира. А ещё модели используются для проведения по ним рассуждений, т.е. используются для предсказаний, и мы уже готовы заняться рассуждениями и объяснениями.

- Алгоритмика – это естественная наука, которая обсуждает способы проведения рассуждений с информационными моделями (то есть способы вычислений), которые нам уже известны из онтологии. Эти рассуждения/вычисления идут с объектами в разных по физической природе универсальных вычислителях (мозг, электронный компьютер, квантовый компьютер, оптический компьютер).

- Логика говорит, какие есть способы рассуждений над моделями, чтобы результаты рассуждений (модели) при правильных посылках и правильных правилах рассуждений как-то соответствовали реальному миру. Онтология для этого уже рассказала про то, как мы нарежали мир на объекты, описав эту нарезку какими-то моделями, так что рассуждения работают с моделями, а «работают» – это идут вычисления, мы об этом знаем из алгоритмики.

- Рациональность как практика говорит о том, что рассуждения по моделям нужны для действий, улучшающих мир. Поэтому нужны рассуждения по связи причин и следствий в конкретной ситуации, а для этого нужно с одной стороны добыть информацию о мире, для чего нужно определить, на что смотреть, потом посмотреть, потом принять решение о действии, в том числе о таком действии, посмотреть ли на что ещё, или деятелю/актёру уже можно принимать решение о действии по изменению мира в условиях неопределённости («на вас напал тигр: собирать дополнительную информацию и наблюдать, бежать или нападать, или есть какие-то другие опции – придумать и реализовать их?! У вас примерно три секунды на все размышления»). Теория решений будет ядром рациональности.

- Исследования как практика (практика теории познания/эпистемологии при помощи рациональности как «научного мышления» в отличие от художественного и религиозного иррационального познания мира) говорит о том, каким образом мы получаем полезные теории/дисциплины/объяснения. Мы делаем догадки о хорошей объяснительной (причинной) предсказывающей/порождающей 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. Все нужные понятия для описания исследований уже известны из онтологии, алгоритмики, логики, рациональности.

- Эстетика даёт критерии красоты (в исследованиях принято говорить об эlegantности) 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 людей, 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? Нормально, если люди меняют своё мировоззрение и убегают в другие общества, а их исходное общество тем самым умирает? Что лучше: убить и сжечь группу из заражённых смертельным вирусом людей и тем самым спасти человечество, или не убивать – и чёрт с ним, с человечеством? Для этических рассуждений этого мы уже владеем пониманием, что такое рациональность и как устроены исследования.

- Риторика говорит о том, как убедить какого-то человека совершить какие-то действия, или наоборот – убедить его не действовать. Начинаем с того, что вы должны иметь какую-то рациональную 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 агентов (животных, людей, роботов) на что-то плохое.

- Методология рассказывает о труде/человеческой деятельности, в которой люди организовываются 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.

- Инженерия (системная инженерия, труд) описывает самые общие способы создания новых и изменения старых систем так, чтобы мир изменился к лучшему. В фундаментальные дисциплины входит только самое общее рассмотрение труда, используемое на всех уровнях организации систем. А дальше уже в прикладных практиках инженерия будет конкретизироваться для систем разных масштабов и разных их видов на каждом масштабе. Для рассуждений об инженерии (трудовых практиках) задействуются все предыдущие уровни интеллект-стека (особенно если учесть, что в качестве агентов действуют люди, люди и компьютеры, иногда люди с живыми существами, и даже уже иногда сами компьютеры).

Каждая мыслительная практика, основанная на фундаментальной/безмасштабной дисциплине/трансдисциплине помогает разобраться со следующей мыслительной практикой в стеке (хотя это утверждение довольно условно: все эти фундаментальные дисциплины тесно переплетены друг с другом, и что там что поддерживает не очень понятно, мы выбрали такой порядок главным образом в методических целях: для облегчения объяснений). На вершине стека методологических дисциплин происходит тот самый «транс» переход к прикладным инженерным практикам: фундаментальные практики всего интеллект-стека помогают в мышлении и действии прикладным инженерным практикам изменения мира.

«Практическое системное мышление» можно понимать как мыслительные приёмы, набранные из нескольких практик интеллект-стека вокруг понятий системного подхода: «система», «системный уровень», «эмерджентность», «неустроенность» и т. д. 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 «трудовое системное мышление», и «деятельностное системное мышление» и «инженерное системное мышление», «рациональное системное мышление», и так далее. Системная инженерия – это инженерия, описания практик которой основаны на системном мышлении, но можно было бы и просто сказать «инженерия», системности инженерного мышления это бы не убавило.

Можно было бы добавить и в это название онтологика: «онтологическая системная инженерия», так иногда и говорят – *ontology based systems engineering*³¹. Но обычно ограничиваются только одной практикой из интеллект-стека, когда хотят подчеркнуть, что речь идёт о какой-то вписанной в интеллект-стек практике или трансдисциплине, а не просто «отдельно взятой изолированной ото всего практике».

Системное мышление не выключается, когда идёт мышление в ходе прикладного труда/деятельности/инженерии/практики: системное мышление – часть фундаментального мышления, которое будет задействовано всегда, когда в жизни будет встречаться что-то, что не описано в учебнике прикладной дисциплины (учебнике менеджмента, учебнике медицины, учебнике правоприменения). Собственно само сопоставление содержания учебника по прикладной дисциплине с жизнью требует уже задействования фундаментального мышления. «Несовершеннолетним клиентам кредиты не выдаются»: чтобы разобраться с этой фразой, требуется иногда крепко поразмыслить (что такое «несовершеннолетний», если пришёл иностранец и в его стране принят другой возраст совершеннолетия – вы ущемляете его права? Что такое «клиент», если человек в середине оформления своего статуса клиента? Что такое «кредит» из десятка очень похоже выглядящих банковских продуктов, и часть из них «займы»? Что такое «выдача кредита» и в какой момент можно считать, что она произошла или не произошла? Это всё был перевод с тамильского: как убедиться, что перевод был точным? А теперь попробуйте это объяснить даже не себе, а тупому компьютеру, которому нужно реализовать эту организационную норму – и поручить программисту это объяснение не удастся, ибо это всё не вопросы информационных технологий, это вопросы не его специальности).

И онтологическое мышление никуда не девается, когда идёт системное мышление, в самом системном мышлении есть и куски онтологии (скажем, каким образом мы считаем, что по-разному нарезанный на части объект это и впрямь один и тот же объект. Скажем, ножницы из двух половинок и винтика на заводе и ножницы из ножевого блока и ручки в ходе их эксплуатации – это одни и те же ножницы). И собранность как управление вниманием не выключается, когда идёт онтологическое мышление. Эти все мышления идут практически одновременно, и только наше (часто поддержанное компьютерами и хорошо натренирован-

³¹ <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0166361518307887>

ное) внимание может выделить в этом связном и непрерывном процессе мышления какого-то интеллекта те или иные моменты, связанные с разными частными видами мышления.

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 «исчезновение объектов в рассмотрении» исключительно работа нашего внимания, с деревом 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. И мы при этом деятельны: принимаем решение вообще рассмотреть это дерево (а не велосипед), может быть даже подойти к дереву, или просто воспроизвести его модель прямо «в голове», и ничего телом в этот момент не делать.

Вот это рассуждение про выделение вниманием разных **целых объектов и удерживая это целое одной камерой внимания другими камерами частей этих целых объектов** для удобства рассмотрения сложных ситуаций и потом надёжное удержание некоторое время во внимании именно этих **целых объектов и их частей** без блуждания камер внимания по другим объектам (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, «уровень организации», «эволюционный уровень», «техноэволюционный уровень», «системный уровень»)** и решаете на нём свои задачи, направляя внимание 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 (а для того, чтобы не терять внимания, всё записываем, а не размышляем только «внутри головы»). **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 интуитивно-понятийное, и алгоритмическое, и онтологическое, и методологическое, в нём присутствует собранность/осознанность, и так далее, все прикладные практики и все практики интеллект-стека. Но если мы размышляем о самом мышлении, то **мы выделяем силой нашего внимания в практиках мышления какие-то части и какую-то часть времени думаем только о них – чтобы преодолеть сложность мышления, чтобы лучше понять, как устроено мышление, как ему научить. Какие-то выделяемые вниманием части полного мышления из самых разных фундаментальных дисциплин интеллект-стека, поведения полного интеллект-стека – системное мышление. Для обучения этим частям из фундаментального мышления всего интеллект-стека и был создан курс системного мышления.**

Аналогично тому как рациональное, семантическое, логическое и т. д. мышления используют в своём составе приёмы системного мышления на базе понятий системного под-

хода, так и рациональное, семантическое, логическое, онтологическое и многие другие фундаментальные варианты мышления задействованы в системном мышлении: все фундаментальные дисциплины довольно сильно переплетены друг с другом. Поэтому без освоения знаний мыслительных практик полного интеллект-стека хорошо системно мыслить не станешь. Одного курса системного мышления для того, чтобы системно мыслить, не хватит. Курс системного мышления даёт только один срез, одну выборку из всех знаний, нужных для полноценного усиления интеллекта. Студенты получают двойки по курсу системного мышления часто не из-за незнания понятий системного подхода и неумения их использовать в мышлении о своих рабочих проектах, а из-за плохой подготовки в области семантики, теории понятий, онтологии, логики³².

Например, рассмотрим такую дисциплину как семантика: типичная ошибка при её незнании – это неразличение понятия и термина для этого понятия. Стоит расслабиться – и в системном мышлении уже перепутано понятие «потребности» как психологической потребности пить-кушать-размножаться и «потребности» как описания свойств надсистемы её внешними проектными ролями. Слово-термин одно, словарные гнёзда разные, понятия разные – но это часто не отслеживается, термины и понятия не различаются, ибо знаний по семантике нет. В курсе системного мышления нет возможности подробно рассказывать о семантике, тут уже пользуются этими знаниями! Курсы, обучающие семантике, нужно пройти до курса системного мышления! Например, курс «Онтология и коммуникация» устроен примерно так же, как курс системного мышления: взяты какие-то знания самых разных дисциплин интеллект-стека, но акценты проставлены другие: на семантике, теории понятий, онтологии, логике, рациональности, риторике. Понятия системного мышления в курсе «Онтология и коммуникация» затрагиваются, но на них нет акцента, нет подробности изложения. Поэтому только курса «Онтология и коммуникация» тоже не хватит, чтобы усилить свой интеллект.

Ещё один пример: неумение работать с типами. Способы этой работы описываются знаниями из теории понятий, одной из трансдисциплин интеллект-стека. 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 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 выступать 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). Это всё вопросы, которые не затрагиваются курсом системного мышления, но рассматриваются в других курсах по усилению интеллекта.

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-

³² <https://ailev.livejournal.com/1465753.html>

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 лишние обобщения часты ошибки! Если вы указали дрель 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 как использовании понятий системного подхода – это проблемы в отслеживании отношений «часть-целое» на нескольких уровнях, которые в данном случае называются системными (а иногда эволюционными, организационными). 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 непойми-чего, а не физических частей. Студенты легко складывают колбасу в штучках 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 $2*2=5$, 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 трудового/практического/инженерного мышления и прикладных инженерных практик (классическая «железная» инженерия, программная инженерия, агропромышленное производство, включая генную инженерию, образование и коучинг как «инженерию личности», менеджмент как инженерию предприятия и так далее, вплоть до общественной деятельности как прикладной практики изменения общества). Менеджер (инженер организации) без системного мышления – это плохой менеджер. Быстро меняющиеся прикладные деятельности все основаны на крепких навыках более фундаментальных мыслительных практик интеллект-стека: инженерии, методологии, риторике, этике и так далее до собранности и понятизации. Под каждой практикой есть какие-то умения. Так, собранность – 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. Понятизация – это умение облачить неясные ощущения о понятиях в словесную форму. В сильном мышлении задействован весь интеллект-стек, а не только какая-то его часть (например, набранные из теории понятий, онтологии, логики, рациональности мыслительные приёмы онтологии или набранные из самых разных дисциплин мыслительные приёмы, связанные с системным подходом как «системное мышление»).

Готовность к (мыслительному) действию

Освоение высокоуровневых мыслительных практик в интеллект-стеке обычно требует определённого уровня владения более низкоуровневым мышлением. Едва ползающему 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 разобраться с физикой и математикой – как они отличаются и почему без них нельзя, потом разбираться с типами объектов и отношений (теория понятий), удерживать многоуровневое задание объекта при выделении его вниманием из фона (онтология), и так далее. По ходу дела будет всё понятней и понятней всё системное мышление в целом (в физике будет введено понятие системы, в онтологии иерархия по отношению композиции, в методологии рассказано о том, что одна система создаёт другую систему каким-то методом, в инженерии будет понятно, какими способами мы создаём эти системы – такие разные, как деталь ракетоплана, авиалайнер, породистая овца и гектар леса, шеф-повар и робототехник, фирма по производству подгузников и фирма интернет-провайдер, сообщество любителей Толкиена и «незримый колледж» в науке, а иногда создаётся и общество как «отдельная страна» или же это общество модифицируется не меняя страны). Идея в том, что в самых разных проектах одновременно происходят все эти работы самых разных людей с их инструментами и самыми разными материалами для этих работ, и требуется немного думать о многих из них, чтобы лучше разобраться в собственном проекте. Мышление и деятельность во всём этом разнообразии деятельностей устроены примерно одинаково, и можно это компактное мышление выучить один раз, а потом применять в разных работах одного проекта, или даже в разных проектах.

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 (уже приводили примеры), хорошее образование в жизни значит много больше!

Интеллект-стек – это набор **лучших на сегодняшний момент в нашей цивилизации** мыслительных практик, основанных на лучших объяснительных теориях. Лучших (state-of-the-art) в цивилизации по состоянию на нынешний год, а не какой-нибудь 2011 (новая весна искусственного интеллекта с использованием глубокого обучения на нейросетях началась в 2012 году, в 2011 году компьютеры ещё не разговаривали и не могли хорошо видеть!) или уж совсем древний 1980 год (год появления первого персонального компьютера IBM PC). 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, системно, практично/проактивно/деятельно а не «дикарски», с игнори-

рованием всего накопленного цивилизацией мыслительного опыта. И эти решения по выбору приёмов мышления предполагают письменное (условно, компьютеры тут тоже «письменно») оформление используемых моделей мышления, начальных данных, промежуточных и конечных результатов мышления, да ещё и выхода в реальный мир (действий! От «подойти посмотреть» до «пойти поговорить» и «изменить, чтобы не мешало»). Решения по выбору приёмов мышления делаются отнюдь не только приёмами мышления «внутри головы», чисто информационной/вычислительной работой без тела. Это вполне себе проактивная и деятельная практика, выходящая в мир и изменяющая как мир, так и самого принимающего решения агента.

Насколько окультуренный цивилизацией интеллект, то есть мышление с использованием фундаментальных дисциплин 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, несмотря на то что они по мнению неучей «мыслят шаблонно».

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.

Мышление с использованием фундаментальных знаний интеллект-стека 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. Отрачиваются 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. А ещё человеческий интеллект задействует тело, и речь идёт тут не только о том, что при письме шевелятся пальцы рук, а при чтении работают глазные мышцы. В курсе собранности, где даются и основы понятизации, довольно много рассказывается о связи собранности ума и тела.

Мышление проактивно, оно выходит в физический мир, тело в нём тоже имеет значение, включая продолженность тела в форме инструментов. Человеческое мышление имеет внешний характер, оно проходит не только в мозгу, но и во всём теле, и выходит за его пределы (тезис 4E³³), 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 `potion.so` или `coda.io`) до изошрённого математического многомасштабного (`multiscale`, на разных уровнях структуры/организации моделируемого физического объекта/системы, с разными видами моделей для разных масштабов) 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 моделирова-

³³ Обзор подхода к мышлению как выходящему за границы тела, включая критику таких подходом, см. в <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7250653/>

нием, на чисто человеческую биологическую память одного человека надежды нет. 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 быстро проводить типовые абстрактные, рациональные, адекватные, осознанные, системные, практичные рассуждения, не затрачивая на это мыслительных усилий, то есть интуитивно, «на автомате» – включая рассудочное «пошаговое» мышление по образцам «из учебника», которое не кажется после тренировки чем-то за пределами трудным. **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, уж как можем», задействовать какие-то иные, поисковые механизмы мышления, «голый биологический интеллект», как-то иногда методом проб и ошибок задействующий внешние средства типа компьютерного моделирования. Но такие выходы за пределы знакомого в мышлении – исключение, а не правило. Вам очень повезло, если вы оказались на таком фронтире, радуйтесь, что вы в первых рядах человеческой цивилизации. Но не факт, что вы сможете на этом фронтире что-то придумать, пополнить запас эффективных паттернов мышления человечества: эволюция с методом проб и ошибок очень действенна, но большинство проб оказываются ошибками и на удачные пробы может просто не хватить времени и ресурсов.**

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 (инженерное мышление общего вида), 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, серийного предпринимателя или инвестора, или даже дрессировщика дельфинов, танцора, учителя начальной школы 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, один раз для всех систем.** 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 деятельностей и проектов. Ведь человеку придётся в жизни играть много самых разных трудовых ролей, начиная с ролей классического или программного инженера, менеджера, технологического/серийного предпринимателя или корпоративного предпринимателя/спонсора проекта, а дальше продолжая ролями члена семьи, родителя, избирателя, политика. Человек (хотя не только человек, но и предприятие, а то и компьютерная система) в жизни играет и много других ролей, за каждой из которых стоят какие-то иногда крупные, а иногда очень дробные и маленькие по требуемым для них знаниям практики создания каких-то систем определённого уровня организации. Каждая из этих ролей потребует своих прикладных рассуждений, и при столкновении с новым и неожиданным поворотом в проекте выхода в мышление с использованием всех мыслитель-

ных практик интеллект-стека. Будь вы основателем фирмы на рынке секс-игрушек, или менеджером проекта космического туризма, или инженером квантовых компьютеров – вам придётся быть собранным, задействовать логику, согласовывать сложные модели систем с вашими коллегами, удерживать внимание на многочисленных ваших и чужих системах, которые затрагивает ваш проект, вы будете использовать компьютеры с универсальными и не очень универсальными алгоритмами. В следующем проекте всё повторится, но на совершенно другом содержании проекта: 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, хотя про системное мышление можно сказать, и то, что оно входит в состав мыслительного минимума цивилизованной организации: системное мышление коллективно, оно объединяет интеллекты в организации, усиливает интеллект и организации в целом.

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 было аристотелевой логике до момента прекращения её использования?), 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! В нашем курсе системное мышление приведено на момент 2022 года!

Так, при поиске учебника системного мышления в гугле одним из первых находится учебник тренеров нейролингвистического программирования Джозефа Коннора и Яна Мак-Дермотта в переводе на русский язык. Но этот учебник в английском оригинале был написан аж 25 лет назад, в 1997 году³⁴! 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, ибо развивались все дисциплины интеллект-стека и в них всё активней использовались понятия системного мышления, в какой-то момент прихваченные из физики и далее развивавшиеся в биологии, потом задействованные ещё и инженерией.

³⁴ <https://www.amazon.com/Art-Systems-Thinking-Essential-Creativity/dp/0722534426>

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 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 более развито, чем понятие системы в физике (например, понятие термодинамической системы). 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 долгое время не относили даже к полноценному системному подходу, потому как в физике особо не обсуждалась многоуровневость систем: там хватало обсуждения системы, состоящей из каких-то частей в её окружении, и только. В то же время понятие системы в физике используется весьма активно³⁵.

Системный подход как основа системного мышления именно под названием systems thinking 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 Бергаланфи 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 разработана главным образом на развитии на биологическом материале понятии физической системы, 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

³⁵ https://en.wikipedia.org/wiki/Physical_system

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 dynamics³⁶) 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 похоже на «регулятор Уатта».

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 упрощения редукционизма, и поэтому 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

³⁶ https://en.wikipedia.org/wiki/System_dynamics

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 уважаемым, 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 ситуаций. 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 определённому 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 рассуждений. 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 путать, 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»?

Самых разных школ системной мысли с различающимися терминологиями, выделенными основными принципами, какими-то наработанными инструментами моделирования существуют 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 подхода³⁷.

Буквально в последние пять лет появились работы физиков, которые пытаются объяснить сложность биологических систем со множеством уровней организации/эволюционных уровней/системных уровней как вытекающую из физических законов. Раньше эти попытки не удавались, но в 2021 году Giorgio Parisi получил нобелевскую премию по физике 2021 года (<https://www.nobelprize.org/prizes/physics/2021/parisi/facts/>) за открытие явлений неустойчивости (frustration, не путайте с психологическими «фрустрациями», это от совсем других, геометрических «неустаканенностей»³⁸, термин пошёл с 1977 года), приводящих к беспорядку и флуктуациям в физических системах от атомарных до планетарных масштабов. То есть 1977 год можно считать моментом, когда физики стали изучать механизмы процессов, в которых участвуют неэргодические системы, то есть системы с памятью. Первым хорошо изученным примером таких систем стали спиновые стёкла. Стекло – это не кристаллическая структура, но и не жидкость. Стекло нельзя нагреть, охладить и сказать, что оно пришло в то же состояние, как это было бы с кристаллической решёткой или жидкостью – нет, состояние будет

³⁷ Например, это прописано в статье русскоязычной Википедии: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Тектология>

³⁸ https://en.wikipedia.org/wiki/Geometrical_frustration – и посмотрите на видео, которое очень хорошо объясняет суть этой «неустойчивости/неустаканенности».

другое, ибо в стёклах есть память, они не эргодичны³⁹ в отличие от самых разных других физических систем. Эти исследования позволили продвинуть понятие «система» так, что системы в биологии получили объяснительные модели с опорой на физику и математику.

Идея неустроенностей/frustration хорошо изученная физиками на примерах стёкол как систем с памятью позволила физике Кацнельсону и биологам Вольфу и Кунину в 2018 году сделать предположение⁴⁰, что сложность биологических систем и вся эволюция в целом происходят именно от вот этих «неустроенностей», причиной которых становятся конкурирующие/конфликтующие взаимодействия на разных системных уровнях (скажем, клетки печени хотят неограниченно размножаться, но им это не дают – ибо для организма это же будет рак печени! Или паразит хочет заразить и убить всех хозяев, но тогда вымрет вся его популяция, и выживают только не слишком заразные паразиты). Именно эти «неустроенности» от конфликта устремлений систем на разных системных уровнях (в биологии – уровнях организации – молекулы, клетки, организмы, популяции, экосистемы) порождают все более и более сложные системы всё более и более высоких уровней организации. Это и есть источник жизни в её многообразии: жизнь это физический процесс, порождающий сложность за счёт преодоления неустроенностей, проистекающих из-за конфликтующих взаимодействий.

Эволюция (как показывает работа 2022 года Ванчурина, Вольфа, Кацнельсона, Кунина «Toward a theory of evolution as multilevel learning»⁴¹) оказывается многоуровневой оптимизацией вот этих неустроенностей, работа эволюции оказывается очень похожа на работу нейронной сети, многоуровнево оптимизирующей свою структуру на каком-то потоке входных данных. Системное мышление из физики (а именно, термодинамики) вернулось в биологию, и принесло объяснительную теорию на основе математики, включая и объяснение существования всё более и более сложных системных уровней в ходе эволюции (от молекул к клеткам, от клеток к организмам, от организмов к популяциям)⁴². Результаты этих догадок физиков безмасштабны, то есть приложимы не только к существам как биологическим системам, но и к их сообществам, а также к сообществам разумных существ (которые ведь тоже физичны!).

Точно так же инженеры в последние несколько лет выяснили, откуда и в технических системах (какая-нибудь система управления авиалайнером), и в биологии (управление велосипедом при спуске по горной дороге) возникают такие сложные обратные связи в поддержании устойчивого управления. Оказалось, что это нужно для достижения точности и скорости одновременно, когда элементная база (техническая или биологическая – не имеет значения) или медленна и точна, или быстра и неточна. Если предусмотреть множество обратных связей в самой системе управления, и достаточную разнородность характеристик элементов по шкалам скорости и точности, то можно предложить удивительно хорошо работающие механизмы и (пока не предложить, но хотя бы уже объяснить) удивительно хорошо работающие организмы. Скажем, танцоры обладают удивительно точным управлением своим телом, при этом биологи удивляются, насколько медленно и неточно работает wetware («мокрое обеспечение», «мясо») при подобных характеристиках скорости и точности. Грубо говоря, большие мышцы быстро и сильно, но неточно двигают руки-ноги-тело к нужному месту в пространстве, а мышцы поменьше, поточнее и помедленней подруливают, управляясь не столько даже многоуровневыми вычислениями, сколько просто запомненными паттернами управляющих мышцами сигналов.

³⁹ <https://ru.wikipedia.org/wiki/Эргодичность>

⁴⁰ <https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.1807890115>

⁴¹ <https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.2120037119>

⁴² <https://www.pnas.org/doi/full/10.1073/pnas.2120042119>

Это исследование команды Джона Дойля⁴³ показало универсальный характер найденных закономерностей того, как должно быть устроено многоуровневое управление с множественными обратными связями на необходимо разнообразных элементах и тем самым выводит заново на идеи кибернетики (хотя слово «кибернетика» в этих исследованиях и не используется). Так что системное мышление обновилось и в части создания надёжных, точных и быстрых систем управления, и знание это тоже безмасштабно (сам Джон Дойль использовал его сначала для создания контроллеров в киберфизических устройствах, затем оказалось, что это хорошая объяснительная теория для биологических систем, а теперь его интересуют общественные системы и даже человечество в целом, которые он рассматривает при помощи того же математического аппарата и тех же концепций, что и найденные им в ходе изучения киберфизических систем).

И это не единственные новинки системного мышления, которые появились за последние пять-десять лет. В нашем учебнике мы затронем ещё несколько современных тем в системном мышлении.

Так что буквально в последние пять-десять лет системный подход активно развивается и появляются объяснительные физические теории (поддержанные математикой и наблюдениями в технике и биологии), демонстрирующие давно замеченные биологами и инженерами закономерности в поведении систем.

⁴³ <https://ailev.livejournal.com/1622346.html> – и там много ссылок на работы Джона Дойля и его учеников.

Труд: системная инженерия

Наиболее активно после физики, биологии, кибернетики и после этого менеджмента, но до последних наработок по связке физики и биологии системный подход уже в XX веке разрабатывался в **системной инженерии** (systems engineering).

В русскоязычных переводах инженерной литературы менеджеры часто слово engineering не удосуживаются перевести как «инженерия», так и оставляют «инжинирингом». 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 инженерных решениях по поводу организационной системы. Эти решения в «системном инжиниринге» делаются тоже с активным использованием системного подхода, но касаются организации работ команды проекта по созданию целевой системы. Мы будем считать «инженерию» и «инжиниринг» синонимами, но в случае «инжиниринга» рекомендуем проверять на всякий случай, не менеджмент ли (инженерия организации) имеется в виду вместо инженерной работы с целевой системой (то есть занимаются ли в ходе «инжиниринга» изменением конструкции целевой системы, или это делают в ходе ещё какой-то другой «инженерии» рядом с «инжинирингом»).

Старинная инженерия работала с веществом, в котором не было никаких особых вычислений, кроме простейших каких-то «обратных связей» типа регулятора Уатта на паровой машине. Современная системная инженерия работает главным образом с киберфизическими системами, типичными из которых будут роботы, ракеты, аэролайнеры, автономные автомобили. Но в последнее время системные инженеры заговорили о том, что по факту ограничения на вид систем по их уровням организации/эволюционным уровням/системным уровням нет. То есть и изменение вещества такое, чтобы на выходе появилась мыльница или спичка, и изменение вещества такое, чтобы на выходе случился авиалайнер, и изменение людей (их ведь тоже нужно лечить и учить), и изменение организаций (их нужно проектировать), и обществ и обществ и даже человечества – все эти изменения физического мира к лучшему это забота инженеров, причём системных инженеров, ибо речь идёт о многоуровневом взгляде на устройство таких сложных объектов как общество. Инженеров послали за парту учиться социальным дисциплинам, чтобы быть готовыми к такому повороту событий.

Жизнь показала, что не столько инженеры побежали за парту, чтобы стать политиками как инженерами общества или менеджерами как инженерами организации (хотя многие стали в том числе и менеджерами), сколько люди, считающие себя политиками и менеджерами, начали работать инженерными методами. Так, в пропагандистских кампаниях вырабатываются требования, проектируется архитектура, далее проектируется собственно кампания, потом проводится кампания, потом проверяются результаты кампании, потом эксплуатируются результаты кампании. Удивительно, но вот такой простой и понятный способ описания работы по изменению окружающего мира и его необходимость были сформулированы в более-менее чёткой форме именно системными инженерами, потому как все эти действия основывались на идее системы как выделяемом из окружения куске мира, который и нужно изменить (материал превратить в деталь, ученика превратить в мастера, неиндоктринированное общество превратить в индоктринированное), причём это изменение выполняется более-менее одинаково при общем системном взгляде на самые разные системы, несмотря на разницу в терминологии в каждой предметной области. Скажем, стратегия предприятия оказывалась примерно тем же, что архитектурные требования к предприятию – и после этого становилось понятно, что знания по разработке требований и разработке стратегии существенно пересекаются.

Так что системная инженерия в современном её понимании – это изменение мира к лучшему, в его разнообразии систем. Труд (который и понимается как изменение мира к лучшему, и раньше был связан с инженерным «заводским» изменением на уровне косного вещества, которое не «оживлялось» компьютерами, вспомните «уроки труда» в школе пятидесятилетней давности, где нужно было изготовить табуретку или выточить деталь на токарном станке) оказался просто разными изводами инженерии самых разных систем. Труд, практика, деятельность, инженерия – всё оказалось более-менее синонимами, если использовать эти слова безмасштабно, для всех возможных системных уровней, хотя у каждого слова и есть какие-то свои оттенки смысла, мы их рассмотрим в курсе дальше.

Самое современное из по факту уже устаревших определений системной инженерии дано в Guide to the Systems Engineering Body of Knowledge (руководство по корпусу знаний системной инженерии⁴⁴) в 2019 году (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 трансдисциплинарный 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 работы⁴⁵). 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 и затрагиваемых системой и её проектом людей. Абстрагируемся пока, организованы ли эти люди в какие-то организации, или даже общества, или это отдельные личности, назовём их поэтому «агентами», чтобы не разбираться с этой многоуровневостью. Если предпочтения всех этих агентов 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 агентов-в-ролях, **успех определяется как «мы в проекте договорились со всеми, все довольны».**

⁴⁴ http://www.sebokwiki.org/wiki/Guide_to_the_Systems_Engineering_Body_of_Knowledge_%28SEBoK%29

⁴⁵ http://sebokwiki.org/wiki/Systems_Engineering_%28glossary%29

Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на ЛитРес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.