

Для научных библиотек

Дж. ван Гиг

ПРИКЛАДНАЯ ОБЩАЯ ТЕОРИЯ СИСТЕМ

1

В 2-х книгах

Перевод с англ.
под редакцией канд. физ.-мат. наук Б. Г. Сушкова,
д-ра философ. наук В. С. Тюхтина

Издательство «МИР»
Москва 1981

ББК 22.1
Г46
УДК 577.4

Гиг Дж., ван
Прикладная общая теория систем: Пер. с англ.— М.:
Мир, 1981.— 336 с., ил.

Книга американского ученого, посвященная проблемам использования методов общей теории систем для разработки и проектирования реальных систем. Изложение сопровождается примерами, взятыми из повседневной действительности. В русском переводе выходит в двух книгах.

Γ 30501-141
041(01)-81 141-81, v. 1 2109000000

ББК 22.1

Редакция литературы по новой технике

© 1978 by John P. van Gogh
© Перевод на русский язык, «Мир», 1981

ПРЕДИСЛОВИЕ РЕДАКТОРОВ ПЕРЕВОДА

В развитии системных исследований можно выделить четыре этапа. В 20-е годы в СССР вышла в свет книга А. А. Богданова¹⁾, явившаяся исторически первым вариантом общей теории систем (ОС). Однако эта работа не получила поддержки и научного резонанса в те годы. В отечественной науке ей предшествовали труды А. М. Бутлерова по теории химического строения, Д. И. Менделеева по систематизации элементов, кристаллографа Е. С. Федорова и физиолога Н. А. Белова. В 30-е годы идея системного подхода и построения ОС была возрождена в работах Л. Берталанфи и других ученых. С рождением кибернетики²⁾ системные исследования получили свое подлинное развитие — на солидной научной и технической базе, с использованием опыта проектирования автоматических и автоматизированных систем (работы У. Эшби, О. Ланге и др.). Более того, обозначилось взаимопроникновение понятий и методов кибернетики и системных исследований, что достаточно убедительно показано автором данного труда. В 60-е годы были созданы оригинальные варианты ОС, имеющие собственный математический аппарат (работы М. Месаровича, А. И. Уемова, Ю. А. Урманцева и др.)

Теоретические положения системного подхода еще на ранней стадии его развития подвергались критическим и скептическим оценкам. Главным объектом критики являлись якобы малая эффективность и даже бесплодность системных исследований. Сporадические приложения этих исследований в ряде областей знания в расчет не принимались. И даже результаты, достигнутые с помощью системного анализа, т. е. комплекса приемов и методов решения конкретных (теоретических и практических) задач на основе принципа системности, представлялись критикам малоубедительными. Нейтрализовать критику могли лишь обобщение опыта использования ОС и его систематическое изложение, позволяющее получить четкие ответы на вопросы, как и где можно эффективно применять системный метод. Именно это и попытался сделать автор данной книги, предлагаемой вниманию советского читателя.

¹⁾ Богданов А. А. Всеобщая организационная наука (текнология): Изд. 3-е. Части I — III. — М. — Л.: 1925—1929.

²⁾ Винер Н. Кибернетика, или управление и связь в животном и машине: Пер. с англ. — М.: Советское радио, 1958.

В книге удачно выделены и изложены все основные проблемы, связанные с приложениями ОТС; эти проблемы рассматриваются здесь с привлечением математического аппарата и средств вычислительной техники. Систематизация приложений ОТС позволила обнаружить «белые пятна», слабо разработанные вопросы и тем самым дала толчок к новым исследованиям системно-кибернетического направления.

Понятиями «системный подход» и «прикладная общая теория систем» автор пользуется как синонимами, подразумевая под ними подход к решению конкретных задач, в первую очередь прикладных. Однако возникает вопрос: какой вариант (или варианты) существующих ныне ОТС автор берет за основу своей прикладной теории? Читатель не найдет в книге явных указаний на этот счет. Фактически основу единства его прикладной теории систем составляет общий принцип системности, а не определенный вариант ОТС; автор использует идеи и методы разных вариантов ОТС и подходов к их созданию. Поэтому определение «общая» теория имеет здесь не аналитически и не синтетически общий, а собирательный (объединительный) характер. Эта особенность данной теории, естественно, ослабляет ее внутреннее единство.

Совокупность основных проблем, методов и функций теории систем автор называет системной парадигмой. Она включает определение проблемы, назначение целей (иерархию целей и их компромиссы), количественную оценку и измерение параметров систем, принятие решений (в частности, разработку многопараметрических и многоцелевых моделей принятия решений), оптимизацию и субоптимизацию, проблемы сложности, экспертизы, диагностирования, управления и планирования. Поскольку все эти проблемы и методы широко применяются в процессе проектирования систем, понятие системной парадигмы он отождествляет с проектированием систем (см. гл. 5).

Главной сферой приложений автор избрал общественные науки, уделяя особое внимание анализу разнообразных организаций. И поскольку последние представляют собой сложные системы, то проблеме сложности не только посвящена специальная глава, но идея преодоления сложности является своеобразным лейтмотивом всей книги. Следует заметить, что автор поднял далеко не все проблемы сложности, проанализировал не все пути и средства ее преодоления. Ставя вопрос об эффективности приложений ОТС, автор неоднократно указывает на методологические трудности и на зависимость применения системного метода от методологических и мировоззренческих предпосылок. Так, рассматривая в гл. 19 различные системы планирования, автор отмечает, что «проектировщики

могут сформировать различные стратегии в зависимости от своего миропонимания».

Дж. П. ван Гиг склоняется к натуралистической социологической концепции с переходом (по отдельным вопросам) на позицию субъективистской социологии. Так, он не проводит границы между так называемыми телеэкономическими системами, цель функционирования которых задается лицом, ответственным за работу данной системы, или проектировщиком, и системами, целостность которых является результатом взаимодействия множества таких систем. Во втором случае акцент должен делаться на объективные законы исторического развития общества, а не на якобы целевые причины развития. В гл. 10, анализируя проблему качества жизни, включающую комплекс вопросов борьбы с бедностью и вопросы преступности в современном американском обществе, автор уклоняется от социально-политического и социально-экономического анализа понятия «бедность» и причин последней. Правда, на стр. 313 Дж. П. ван Гиг делает справедливое критическое замечание в адрес работы «Социальные показатели 1973», характеризующей американский образ жизни. Так, он выражает удивление по поводу того, что в эту работу не включены показатели, относящиеся к социальной подвижности, образованию, науке, искусству, загрязнению окружающей среды. «Не упоминаются,— продолжает автор,— и такие вопросы, как функционирование наших социальных и политических институтов, пользуются ли американцы свободой слова, равны ли они перед законом и могут ли возместить ущерб, когда имеют дело с большими организациями и бюрократическими учреждениями, существует ли у нас политическое неравенство ... Можно сожалеть,— заключает автор,— что такие важные проблемы опущены, но это, очевидно, объясняется тем, что они слишком щекотливы».

Математический аппарат теории систем пока только создается, и в настоящее время не существует формальных средств, позволяющих адекватным образом и единым языком описывать разнообразные, подчас весьма далекие друг от друга по своей природе процессы реального мира. Широта приложений обуславливает многообразие математических методов, используемых в теории систем. Тем не менее отдельные математические дисциплины постоянно применяются в системных исследованиях,— это прежде всего методы оптимизации и математическое моделирование, включая методы имитации. Именно этим современным направлениям прикладной математики автор уделяет наибольшее внимание в своей книге. При рассмотрении ряда проблем используются теория информации, теория изменений, математическая статистика и теория катастроф. Автор

не претендует на полноту изложения соответствующих разделов математики; они применяются в той мере, в какой это необходимо для решения рассматриваемых практических проблем. Главными здесь являются вопросы, предшествующие строгой постановке математической задачи, вопросы, связанные с выбором соответствующего математического метода.

В заключение хотелось бы отметить, что книга отражает условия американского образа жизни и концепции, господствующие в США, а также трудности и проблемы социального развития Америки. Хотя мировоззренческая и методологическая ориентация автора отличается от нашей, тем не менее теоретический анализ применения системного метода к решению многих прикладных задач представляет интерес для специалистов, занятых в области проектирования, планирования и управления сложными системами.

Перевод выполнили канд. филол. наук М. В. Крутъ (гл. 1, 9, 10), канд. физ.-мат. наук А. И. Самыловский (гл. 3—6, 14, 15, 18—20), канд. физ.-мат. наук М. Г. Фуругян (гл. 2, 7, 8, 16, 17) и канд. филол. наук Н. Н. Щербиновская (гл. 11—13). В работе над гл. 10 принимал участие канд. экон. наук Э. А. Соболев.

*Б. Г. Сушков
В. С. Тюхтин*

ПРЕДИСЛОВИЕ К АМЕРИКАНСКОМУ ИЗДАНИЮ

Человеку свойственно считать, что добросовестный труд является гарантией получения хороших результатов. Поэтому, когда критикуют или одобряют наши общественные институты и создаваемые ими многочисленные проекты, то склонны задавать вопрос: «Каков же конечный результат всех приложенных усилий?» Такой вопрос зачастую вызывает недоумение, поскольку обычно считают, что цель как раз и состоит в составлении отчетов, написании статей и книг, выпуске определенного числа студентов. Все эти виды деятельности могут стать предметом критики. «Я понимаю,— говорит критик,— то, что вы сделали, и возможности, предоставленные вашим проектом, действительно имеют важное значение, и не только для небольшой группы людей или для получения определенного числа предметов, но все же в чем состоит ваш вклад?»

Подобный вопрос приводит нас в замешательство, так как, хотя мы добросовестно и напряженно работали, по правде говоря, мы и сами не уверены до конца, что наши результаты действительно значительны и важны. Но по некотором размышлении мы можем все представить совершенно в ином свете. Возможно, что эти благонамеренные, вечно сущие нос в чужие дела критики неверно ставят вопрос, и если это действительно так, они достойны осмеяния! Человек не живет лишь по принципу потребления благ. Жизнь человека — это непрерывный процесс, где присутствуют любовь и ненависть, радость и разочарование, созидание и разрушение. Возможно, вопрос следовало бы поставить так: «Неотъемлемой частью какого из компонентов жизненного процесса являются ваши усилия?»

Те, кто уже в течение ряда лет работает в области, называемой проф. ван Гигом прикладной общей теорией систем или системным подходом, определенно виновны в представлении результатов своей работы как предметов, объектов, а не процессов. Раньше мы провозглашали, что получили «решение» одной из насущных проблем, стоящих перед обществом, как будто это задача о наилучшей упаковке товаров. Лишь в настоящее время мы приходим к пониманию того, что цель состоит не в получении результатов — решений задач управления запасами, массового обслуживания или о размещении,— скорее она заключается в постановке более глобальных проблем или,

вопросов, которые бы стимулировали созидательный процесс, приносящий удовлетворение. Творчество пускает корни и процветает на почве хорошо поставленных вопросов. Жизнь часто становится скучной и лишенной всякого смысла как раз потому, что нет подходящих проблем для размышления.

Системный подход, как демонстрирует ван Гиг, зачастую является генератором вопросов, которые иначе просто не возникли бы. А следовательно, системный подход достоин «оптимистической» оценки. Заметим, что «хороший» вопрос состоит не просто в постановке вопросительного знака. Если вопрос «не зажжет» вас, это означает, что он недостаточно глубокий. С другой стороны, если бы человечество направляло все свои усилия на разрешение возникшего вопроса — настолько увлекательным он представляется, — то такой вопрос оказался бы гибельным. Так что накал вопроса, конечно, должен быть довольно высок, но не испепеляющ.

Далее, серьезность процесса исследований не должна приводить к смертельной скуке, мы должны познать не только горечь, но и радость творчества.

Эта мысль хорошо выражена последней фразой Гертруды Стайн¹⁾), когда на вопрос Элис В. Токлас: «Скажи нам, Гертруда, что же является ответом на все это?» — Гертруда отвечает: «А в чем вопрос?»

Уэст Чёрчмен
Беркли, Калифорнийский университет

¹⁾ Американская писательница-авангардистка. — Прим. перев.

Я считаю, что познать части без знания целого так же невозможно, как познать целое без знания его частей.

Блез Паскаль (1623—1662).
Мысли, гл. 1

Посвящается моим родителям, жене и детям, чтобы они могли познать части и охватить целое

ПРЕДИСЛОВИЕ

Возможно, такой вопрос содержит оттенок шутки, но все же рискнем задать его: кто извлекает больше пользы из книги — читатель или автор? Могу вас заверить, что я как автор многому научился в процессе написания, опубликования и переработки первого издания книги. Книга подобна завершенному инженерному проекту: идеи уже положены на бумагу и ждут очередного пересмотра. Я рад, что мне предоставили возможность переработать первое издание книги, которое частично устарело. Кроме того, под влиянием критики, состоявшихся обсуждений и новых результатов мои идеи претерпели изменения. Подобно любому проекту, содержание книги должно со временем меняться и старые идеи должны уступать место новым. И этот процесс не остановить. Однако тема книги и задача, которой она служит, переживают поток текущих событий.

Как подчеркивается далее, «одна из моих главных целей состояла в том, чтобы навести мост» между новой дисциплиной — *общей теорией систем* (OTC) — и ее инструментом — *системным подходом* к решению практических задач. Средства и методы системного подхода представляют собой *системную парадигму*, которая наиболее полно реализуется в *процессе проектирования систем*.

Внимание OTC фокусируется не на исследовании конкретных задач и частных случаев, а на вопросах, связанных с понятием *структуры, процесса, поведения, взаимодействия, назначения* и т. п.

Я старался избежать так называемой проблемной ориентации и пытался исследовать проблему в контексте общей теории, охватывающей все проблемы подобного рода. «Общая теория», как я ее трактую, состоит в установлении функций проектирования систем, общих для процессов проектирования всех систем. Принятие решений, задание целей, количественное определение, измерение, оценка, оптимизация, субоптимизация, планирование, управление, диагностирование и т. п.— все это функции, используемые при проектировании любой системы. Итак, по существу мы имеем здесь дело с общей теорией

проектирования систем. Решения же отдельных задач будут получаться в результате конкретизации общесистемных методов. Назначение ОТС — быть междисциплинарной по своему подходу наукой. Новые надежды связываются с «трансдисциплинарным методом исследования» — метадисциплиной, которая объединит все дисциплины.

Мы повторим здесь некоторые замечания, сделанные при выходе первого издания книги.

Книга предназначена для студентов и аспирантов, а также работников административно-государственного аппарата. Она будет представлять интерес как для теоретиков системной науки, так и для практиков, имеющих дело с реализацией проектов в своих организациях или занятых поиском неисправностей, мешающих нормальному функционированию систем. Для понимания проблем, освещенных в данной работе, требуется скорее способность к концептуальному мышлению, чем знание конкретных аналитических методов. Понятие систем здесь не связано с системами обработки данных или с информационными системами. Системы в таком понимании являются предметом рассмотрения специальных курсов, таких, как программирование для ЭВМ, аппаратное и программное обеспечение ЭВМ, архитектура вычислительных комплексов и т. д. Используемое в книге понятие «системы» имеет отношение к множеству систем «организованной сложности» и особенно к одному из его подмножеств — организациям, в рамках которых люди живут и работают. Несмотря на то что обсуждаемые в книге проблемы — это проблемы, встающие перед всеми типами организаций (большими и малыми, государственными и частными, социально-политическими), они пока не нашли должного отражения в трудах по методам управления, теории организаций и теории принятия решений. Подобные проблемы имеют более общую и взаимопроникающую природу, чем обычно считается. Они составляют как бы философскую основу организаций и систем и могут даже устанавливать их *raison d'être*¹).

С помощью ОТС и системного подхода делаются попытки разрешить дилемму между *простотой* и *сложностью*. Успех на этом пути существенно прояснил бы природу взаимосвязей между системами. Вопросы *оптимизации* и *субоптимизации* являются центральными при объяснении причин бесплодности усилий тех проектировщиков систем, которые стремятся к достижению *summum bonum*²), несмотря на то что вполне

¹⁾ *raison d'être* (франц) — право на существование, разумное основание, смысл. — *Прим перев.*

²⁾ *summum bonum* (лат) — величайшее благо, наивысшая польза. — *Прим перев.*

приемлемо решение «второго сорта». Немыслимо представить себе процедуру принятия решений без привлечения процедур *измерений и оценок*, поскольку количественные суждения о явлениях должны воплотиться в соответствующие стратегии поведения. Лица, принимающие решения (ЛПР), заинтересованы в систематической оценке целей, возможных стратегий и программ, так же как и последствий своих решений. В книге описываются эвристические и алгоритмические модели принятия решений.

Были предприняты попытки определения *социальных показателей* и измерения *качества жизни*. Указанные показатели должны дополнить экономические показатели, которыми руководствуются ЛПР в своей деятельности.

Планирование иногда противопоставляют свободе действий. Однако, если мы не признаем необходимости планирования, мы не будем в состоянии реально воспользоваться достоинствами свободы. С планированием тесно связано *управление*. Здесь имеется в виду, что при практическом использовании системы ее функционирование путем управления должно направляться на постоянное движение системы к целям, для которых она, собственно, и предназначена. Очевидно, что наилучшее управление — саморегулирование. Однако нам еще не вполне ясно, что такое саморегулирование открытых систем. Реализация новых проектов систем предполагает их одобрение потребителями, т. е. *достижение согласия*, а также учет этических аспектов проектирования систем.

Я хотел бы предостеречь читателя от излишнего доверия к той точке зрения, что методы, пригодные для «жестких» систем, можно полностью перенести на «мягкие» системы. Более правильно было бы развивать новые методы специально для «мягких» систем. Такие методы уже известны: дельфийский метод, теория катастроф и многопараметрические модели решений. С помощью подобных методов можно дать формальное обоснование наукам, носящим качественный характер. Чтобы ознакомить читателя с таким подходом, мы излагаем основы теории размытых множеств, которую обычно называют *метаязыком неясности* (по аналогии со статистикой и теорией вероятностей, называемыми *метаязыком неопределенности*). Таким образом, перед читателем развертываются три исторических этапа познания: от идеала постижения абсолютной истины к истине вероятной и, наконец, к размытой истине.

При описании функций проектирования систем вместо понятий, относящихся к «жестким» системам: проектирования, оптимизации, реализации (их употребление восходит к традиционному научному методу), — вполне могли быть использованы такие понятия, связанные с «мягкими» системами, как

возможность, желательность, адаптация, обучение и т. п. Принятие старой терминологии оправдано потребностью использовать концептуальные рамки, уже знакомые большинству читателей.

Назначение системного подхода — развивать методологию ОТС и общественных наук, в рамках которых он подтверждает свою достоверность. Удастся ли с помощью системного подхода и системной парадигмы достичь целей, для которых они предназначены, будет отчасти зависеть и от наших читателей. Смогут ли они в своей работе подняться до усовершенствования данного подхода, до более лучшего приспособления его к решению многочисленных задач, стоящих перед нами?

В процессе синтеза объединяются идеи и концепции всех, кто оказывает заметное влияние на современное течение научной мысли в данной области. Мне бы хотелось отметить вклад тех авторов, чьи идеи нашли отражение на страницах книги. Я очень признателен этим авторам (так же как и их издателям) за разрешение воспользоваться выдержками из их трудов.

Мне бы хотелось также поблагодарить всех, кто высказал свои замечания по содержанию книги. Обмен мнениями с авторами работ, ссылки на которые имеются в книге, состоявшийся после выхода первого издания в свет, был для меня чрезвычайно полезен. Я хочу поблагодарить этих ученых за то влияние, которое они оказали на ход и формирование моих мыслей, особенно. У. Чёрчмена, идеи которого меня всегда вдохновляли.

Мне часто хотелось написать поэму или роман, а не книгу, посвященную научным и техническим вопросам и содержащую в силу необходимости большое число ссылок и цитат. Иными словами, мне бы хотелось, чтобы мое перо свободно летало по бумаге и его полету не препятствовали предметы, требующие точной интерпретации и понимания. Но независимо ни от чего написание книги всегда доставляет удовольствие и приносит пользу. Я надеюсь, что мои студенты и читатели будут испытывать такое же волнение, изучая книгу, какое чувствовал я, когда работал над ней. Я знаю, что у читателей сложится собственное мнение по многим вопросам, затронутым в книге. В предисловии к первому изданию книги я утверждал: «Читатели — это невоспетые герои наших произведений. Если комунибудь из них случится прочесть эту книгу, он, может быть, сочтет себя хоть в какой-то мере вознагражденным, так как почувствует причастность к рождению этого детища».

Дж. П. ван Гиг
Сакраменто, Калифорния

Глава 1

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД: ВВЕДЕНИЕ И ПРИМЕРЫ

I. Методология изменений

Жизнь в сложном разобщенном мире в условиях ограниченных ресурсов

Жизнь можно рассматривать как функционирование сложных систем, в которые человек пытается внести некоторый порядок. Одни системы были созданы человеком, другие возникли стихийно. Некоторые системы (например, семья) легко поддаются управлению, другие же, такие, как политика или промышленность, охватывают всю страну и с каждым днем все более усложняются, создавая большие трудности при управлении. Одни системы являются частной собственностью, другие принадлежат всему обществу. В какой сфере жизни мы ни были бы заняты, к чему бы ни стремились, нам всегда приходится иметь дело с организациями и системами.

Даже при неглубоком рассмотрении можно установить общую характеристику систем — сложность. Последняя является результатом многообразной и многогранной деятельности человека в этих системах. Сам человек является сложным системным объектом, а как член общества он взаимодействует с им же созданными сложными организациями. Он сталкивается с нарушениями упорядоченности при управлении разными сферами общественной жизни и деятельности. Ярким примером тому может служить тяжелое положение, в котором оказались муниципальные власти районов США, страдающих от засухи. Они были вынуждены вводить строгие ограничения на пользование водой, в то время как граничащие с ними районы имели достаточные запасы воды. Вспомним также катастрофическую зиму 1976/77 г. в США, когда поставщики газа не смогли поставить достаточное количество газа в районы, которые особенно нуждались в топливе. Можно ли решать эти проблемы на местном или даже региональном уровне в эру сокращающихся ресурсов и стихийных бедствий, которые могут происходить в национальном или даже мировом масштабе! Мы обычно стараемся исключить вмешательство правительства в региональные дела, пока в этом не возникнет крайней необходимости.

Иначе говоря, нужно ответить на вопрос: *когда* наступает такая необходимость и *как* организовать более широкую систему юрисдикции, не ущемляя нашей свободы действий? Когда

наступает крайняя необходимость перейти к более широкому, целостному подходу при решении проблем, вместо того чтобы вязнуть в трясине мелких решений, которые охватывают лишь часть проблемы и часть системы и не учитывают взаимосвязи с другими системами? Вам, очевидно, уже ясно, что, по пристрастному мнению автора этой книги, такое время наступило. Ресурсы не только истощаются, но и, кроме того, неравномерно распределены. У одних стран — избыток нефти, у других — излишки пшеницы, одни люди пьют кофе бесплатно, другие платят за него непомерную цену, одни дышат чистым воздухом — другие задыхаются от смога. Многие обеспечены хорошей системой здравоохранения, в то время как другие умирают из-за отсутствия медицинской помощи и от недоедания. Людям необходимы такие блага, как воздух, жизненное пространство, отсутствие шума, чистая вода, пища, тепло, образование, качество жизни и мир. Мы должны быть уверены не только в наличии этих благ, но и в обеспечении их беспредельного поступления.

Для решения этих проблем, безусловно, нужно широкое поле зрения — «телескопические линзы», которые охватывают весь спектр проблемы, а не его небольшие отдельные части. Системный подход — это методология управления системами, обеспечивающая такой широкий охват. Хочу предупредить читателя, который может обвинить меня в том, что я принимаю тенденциозную точку зрения «правых» или «левых», моя цель — отнести с уважением ко взглямам всех заинтересованных сторон. При истинном системном подходе решения должны быть приемлемыми для всех систем и для всех людей не вне зависимости от их политической, региональной, географической или какой-либо другой принадлежности, а, напротив, благодаря тому, что общесистемное решение учитывает все эти особенности. «Системные проблемы» требуют и «системных решений», а это на языке данной книги означает, что мы должны стремиться найти такие решения проблем более крупных систем, которые не только удовлетворяют целям подсистем, но и обеспечивают сохранение глобальной системы.

Старые методы уже не пригодны для решения проблем, связанных с такими системами, необходимо перейти к новым концепциям и предпринять наступление по всему фронту. Мы полагаем, что начало этому уже положено введением и принятием *системного подхода*, который представляет собой образ мышления и методологию изменений:

Системный подход, по всей вероятности, является «единственным путем соединить в одно целое куски нашего разобщенного мира и достичь упорядоченности вместо хаоса» [1].

Что представляет собой система

Прежде всего следует уточнить, что мы понимаем под системой. На ум приходит несколько подходящих определений, остановимся на одном из них:

Система есть совокупность или множество связанных между собой элементов.

Элементы системы могут представлять собой *понятия*, в этом случае мы имеем дело с *понятийной системой*. Примером такой системы может служить язык как средство общения. Элементами системы могут являться *объекты*; так, в пишущей машинке объектами служат ее отдельные части. Элементами системы могут быть *субъекты*, например игроки в футбольной команде. Наконец, система может состоять из понятий, объектов и субъектов, как в системе человек — машина, включающей все три вида элементов. Таким образом, система — это совокупность живых или неживых элементов либо тех и других вместе. По ходу изложения будут введены новые термины. Пока же достаточно исходить из того, что системы состоят из других систем, которые мы называем подсистемами. В большинстве случаев можно оперировать большими или высокоорганизованными системами, которые включают в себя другие системы. Такие системы будем называть *общими системами и системами в целом*. Оперировать ими нелегко, так как мы не знаем, до какого предела осуществлять «декомпозицию» системы, т. е. разбивать ее на подсистемы, или до какого предела продолжать «построение», или «организацию», большой системы. Существуют также следующие определения системы:

«Система — это совокупность частей или компонентов, связанных между собой организационно». При выходе из системы «части системы продолжают испытывать на себе ее влияние и претерпевают изменения». «Совокупность частей проявляет динамическое поведение, а не остается инертной». «Данная конкретная совокупность рассматривается с особой точки зрения» [2]. И далее: «Под системой может пониматься естественное соединение составных частей, самостоятельно существующих в природе, а также нечто абстрактное, порожденное воображением человека. Такой подход к определению понятия системы заранее предполагает существование связей между ее элементами» [3].

Улучшение систем и проектирование систем

Многие проблемы, связанные с системами, возникают по той причине, что руководители, лица, занимающиеся планированием, аналитики, администраторы и др. не различают понятий *улучшение систем* и *проектирование систем*. Термин «улучшение» означает преобразование или изменение, которое приближает систему к стандартным, или нормальным, условиям

работы. Понятие улучшения системы предполагает, что система уже создана и порядок ее работы установлен. При этом не подразумевается, однако, что производимые изменения будут положительными, например, с точки зрения этических норм. Можно ведь «улучшить» и работу преступного синдиката, и работу школы. Вопрос о том, являются преобразования полезными или вредными для общества, безусловно, очень важен, но его мы рассмотрим ниже.

Процесс проектирования также включает преобразование и изменение, но настолько отличается от процесса улучшения систем, что возникает необходимость подчеркнуть различия между ними в целях, масштабе, методологии, этике и результатах. Проектирование — творческий процесс, который ставит под сомнение предпосылки, лежащие в основе старых форм. Оно требует совершенно новых взглядов и подхода, чтобы получить новые решения, способные избавить нас от «болезней» современного мира.

Методы, используемые для улучшения систем, базируются на научном методе, и их называют *научной парадигмой*. А методы, применяемые для проектирования систем, имеют основой общую теорию систем и известны как *системная парадигма* [4]. (Определения терминов «системная» и «научная парадигма» даны в словаре в конце книги.)

Улучшение систем

Улучшением систем называют процесс, обеспечивающий работу системы или систем согласно ожиданиям; как отмечалось выше, это понятие подразумевает, что проект системы определен и установлен. Улучшение системы означает выявление причин отклонений от заданных норм работы системы или возможностей по улучшению работы системы, т. е. получение результатов, которые наиболее бы соответствовали целям проекта; сам проект под сомнение не ставится. Укажем основные проблемы, которые следует разрешить в процессе улучшения:

1. Система не соответствует поставленным целям.
2. Система не обеспечивает прогнозирование результатов.
3. Система не работает так, как первоначально предполагалось.

Для решения этих проблем и улучшения работы систем обычно прибегают к определенной процедуре, которую можно проиллюстрировать примерами. Мы удивляемся, если автомобиль не набирает скорость должным образом, так как очень хорошо представляем себе, каким должно быть нормальное ускорение. Мы ищем причины, вызвавшие различие между дей-

ствительным и ожидаемым результатами. Автомобиль не соответствует спецификациям или целям, он не обеспечивает нужных результатов и не работает так, как предполагали его изготовители. Подобным же образом можно рассуждать, если окажется, что ребенок потерял аппетит. Мы сразу начинаем искать объяснение такому непредвиденному поведению.

Улучшение работы системы, будь то автомобиль или ребенок, включает установление причин неожиданных отклонений. При этом предполагается существование плана, спецификаций, стандарта или норм, которые определяют, как должна работать система, и с которыми мы можем сравнивать реальные характеристики системы.

Обычно, когда стоит проблема улучшить систему, мы прежде всего *определяем задачу*, т. е. выполняем шаг, ограничивающий сферу нашего исследования. Мы точно описываем характер системы и *устанавливаем составляющие ее подсистемы*. Для автомобиля процедура состоит в том, чтобы определить причину происшедшего отклонения: возможно, засорился карбюратор, а может быть, бензин имеет меньшее октановое число. Здесь нужно исследовать две подсистемы — механическую подсистему (карбюратор и вспомогательное оборудование) и топливную подсистему (бензин, его компоненты и добавки). В случае с ребенком отсутствие аппетита можно, исходя из опыта, объяснить двумя причинами: тем, что ребенок что-нибудь ест в интервалы между приемами пищи (система пищеварения ребенка является подсистемой), или возможной болезнью (система кровообращения ребенка — еще одна исследуемая подсистема).

Определив задачу и установив систему и составляющие ее подсистемы, мы путем *анализа* ищем элементы и их связи, которые могут дать ответы на наши вопросы.

Исходя из известных фактов, с помощью дедуктивного метода можно сделать некоторые предварительные выводы. Что касается ситуации с автомобилем, то здесь мы можем исключить карбюратор, так как осмотр этой подсистемы показал, что двигатель недавно отрегулирован. Таким образом, мы переходим к топливной подсистеме и проверяем, какой бензин был куплен в последний раз. В случае с ребенком мы выясняем его привычки в еде, чтобы проверить предположение, что у него нет аппетита из-за того, что он что-нибудь ест в интервалы между приемами пищи. Если мы установим, что ребенок со временем завтрака ничего не ел, то от этой гипотезы нужно отказаться. Затем следует измерить ему температуру и, возможно, сделать вывод, что он болен.

Процесс улучшения систем характеризуется следующими шагами:

1. Определяется задача и устанавливаются система и составляющие ее подсистемы.
2. Путем наблюдения определяются реальные состояния, условия работы или поведение систем.
3. Реальные и ожидаемые условия работы систем сравниваются, чтобы определить степень отклонения.
4. В рамках подсистем строятся гипотезы относительно причин этого отклонения.
5. Из известных фактов методом дедукции делаются выводы, большая проблема разбивается на подпроблемы путем редукции.

Вышеперечисленные шаги являются результатом применения аналитического метода или аналитического подхода. Эти шаги основаны на давно существующей традиции научного исследования, особенно в области физических наук. Важно подчеркнуть, что улучшение систем в этом случае осуществляется путем *интроспекции*, т. е. мы идем внутрь от системы к ее элементам и исходим из того, что решение проблем лежит в границах самой системы.

Улучшение систем связано с проблемами, относящимися к работе систем, и имеет исходной посылкой тот факт, что все отклонения вызваны дефектами в *элементах* систем, и их можно объяснить *специфическими причинами*. *Функция, назначение, структура и взаимодействие* с другими системами при этом под сомнение не ставятся. Как метод улучшение систем предоставляет довольно ограниченные возможности. При таком подходе предпочтительными решениями проблем в сложных системах являются решения, «лежащие на поверхности». Под этим мы понимаем, что новаторский и творческий подход подменяется решениями, предусматривающими лишь небольшие изменения в существующем положении, чтобы не «раскачать лодку».

Разнообразные приемы улучшения систем используются очень широко, однако им присущи многие недостатки. И с этим нельзя не считаться. Мы все в том или ином случае стремимся прибегнуть к такому пути решения проблем, и это вполне естественно, учитывая наше техническое образование и научный багаж. Однако теперь стало ясно, что улучшения в системах, осуществляемые в результате применения такого подхода, имеют ряд ограничений.

Недостатки метода улучшения систем

Решение проблем, возникающих в системах, путем улучшения работы последних обречено на провал. Улучшение систем может оказаться успешным лишь в ограниченных небольших

системах, которые практически не зависят от других систем, что встречается не часто. Неэффективность метода улучшения систем можно объяснить следующими причинами.

Поиски причин отклонений в границах самой системы

Когда в работе системы происходит какое-нибудь отклонение, естественно прежде всего искать причины в самой системе, т. е. считать, что оно произошло из-за отклонения от рабочих норм одной из подсистем. Метод улучшения систем основывается на аналитическом подходе (или научной парадигме), т. е. причины отклонений ищут в границах самой системы. В случае с ребенком, потерявшим аппетит, мы прежде всего исследуем причины внутри системы, считая, что ребенок или переел, или имеет место инфекция. И если аппетит быстро не восстанавливается, мы начинаем искать причину *вне* системы, т. е. рассматривать в этой связи другие системы.

Метод улучшения систем основан на том, что системы существуют как бы сами по себе. Он не учитывает того, что каждая система должна удовлетворять требованиям больших систем, в которые она сама включена. Примером может служить система образования, в которой администраторы занимаются решением только внутренних проблем. При улучшении систем долгосрочные цели подменяются сегодняшними целями, и сам смысл существования системы как бы отходит на задний план. Так, система образования должна удовлетворять потребностям всего общества в целом и всех выпускников обеспечивать работой. Если выпускники, закончив образование, не могут найти работу, отчасти это вина системы образования. Но причины такого отклонения следует искать не только внутри самой системы, т. е. в недостатках ее структуры или работы. Работу системы можно оценить и улучшить за счет планирования ее выхода с учетом требований других систем.

Приведение системы к стандарту

Улучшение систем основано на установлении отклонений реальной работы системы от того, что обычно называют «нормой» или «стандартом». После того как отклонения определены, необходимо установить и устраниить их причину. Именно так подходят к решению многих проблем, возникающих в системах. Примером может служить система оказания помощи нуждающимся, которая часто подвергается нападкам. Широкое исследование положения дел показывает, что попытки решить внутренние проблемы системы в том виде, в каком она сейчас

существует, не обеспечивают длительного улучшения. В лучшем случае наши усилия временно сокращают очереди за пособием и одновременно сокращают доходы многих нуждающихся. Проведение еще одного исследования для определения того, сколько человек получают пособие «путем обмана» (т. е. установление отклонения реальной работы системы от принятых правил и норм), также ничего не дает. Подобные *улучшения работы системы не являются длительными*. Требуется полная перестройка системы обеспечения помощи нуждающимся, а не разрозненные частичные ее изменения. Необходим полный пересмотр более широкой социальной системы, в которую входит данная система, и ее новое проектирование.

Неверные и устаревшие предпосылки и цели

Нелегко найти организацию, для которой были бы четко сформулированы все предпосылки и цели. Если нет стандартов, то лица, принимающие решения, не могут выбрать правильное направление и определить эффективность своей политики.

Во многих случаях улучшение систем вызывается неверно установленными причинами, и в результате создается положение, которое оказывается хуже, чем было до улучшения. Часто все начинается с ошибочных предпосылок и целей. Примером может служить попытка решить проблему перегруженности дорог путем строительства новых полос движения, чтобы увеличить пропускную способность. От этого синдрома не застрахован ни один город. Когда образуются «узкие места», поступает распоряжение подсчитать плотность движения, затем принимается решение расширить улицу или шоссе с тем, чтобы увеличить пропускную способность трассы. Совершенно очевидно, что создание новых полос движения является улучшением системы в полном смысле этого слова. Однако такое улучшение будет краткосрочным, так как оно основано на неправильных предпосылках и целях. На какое-то время дополнительные полосы разгрузят дорогу. Однако новые полосы заполнят новые автомобили, что в свою очередь потребует еще больше бетона для расширения улиц и строительства новых дорог, т. е. создается порочный круг. Такое улучшение базируется на предпосылках, которые очень трудно изменить. Необходимость строительства новых дорог вызвана тем, что дорог не хватает, а люди стремятся добраться до пункта назначения как можно скорее и самым коротким путем. К тому времени, когда будет практически завершено создание системы дорог между штатами и когда мы поймем, что большее число дорог и более широкие трассы не уменьшают интенсивности движения, эти предпо-

сылки уже не будут выдвигаться. Кроме того, люди выражают желание сохранить ландшафт и готовы отдать большую сумму за дорогу, которая его не портит. Настаивать на таком «улучшении» системы автомобильных дорог — это значит не учитывать тот факт, что первоначальные предпосылки, на которых была основана вся система, изменились. Улучшение устаревших концепций не может привести к оптимальной системе. Вместо того чтобы пытаться улучшить систему дорог, мы должны искать альтернативу в масштабе более широкой системы, т. е. в масштабе всей транспортной сети.

«Планировщик-лидер» или «планировщик-ведомый»?

Еще одним проявлением проблемы, связанной с неправильными предпосылками и целями, являются различные взгляды на планирование и роль лица, осуществляющего планирование. Так, распространено мнение, что планирование социальных потребностей основано на безоговорочном принятии существующих тенденций, последние лишь экстраполируются, чтобы определить структуру создаваемой системы. В этом случае планирование основано на предпосылке, что силы, формирующие эти тенденции, не обратимы и неизменны. Такое планирование называют «планированием удовлетворения существующих тенденций». Оно позволяет силам, влияющим на события, определять потребности. Существует и другой подход, который известен как «планирование, влияющее на существующие тенденции», когда лицо, осуществляющее планирование, стремится установить нежелательное воздействие существующих тенденций и предлагает такие решения, которые помогут избежать этого. При таком планировании необходимо предусмотреть отрицательное воздействие возможных решений, прежде чем принимать их, и обеспечить заинтересованность, которая позволит избежать нежелательных результатов.

Нет сомнения, что роль лица, осуществляющего планирование, в этих двух случаях будет различной. В первом случае планировщик играет роль *ведомого*, а во втором — он является *лидером*. Планировщик-лидер знает, какое воздействие окажет система, и не стремится приспосабливаться к обстоятельствам. В этом случае он выполняет свою задачу, т. е. способствует упорядоченному развитию системы, оказывая влияние на действующие силы, а не пуская все на самотек.

В наше время, когда люди часто приезжают в центр большого города на своих автомобилях, органы власти, стремясь удовлетворить потребности населения, строят дополнительные дороги, мосты и места для стоянок. Планировщики не хотят оказывать какого-либо влияния на сложившиеся обычай и

установившиеся тенденции. Они считают привычки людей священными. Приведем еще один пример. Опросы в аэропортах показали, что от 15 до 50% всех людей, побывавших там в течение суток, провожают или встречают своих родственников или друзей. Остальную часть присутствующих в аэропортах лиц составляют пассажиры и служащие, которые, вообще говоря, находятся там по праву. Такое большое различие в процентном соотношении провожающих и встречающих в разных аэропортах, вероятно, объясняется тем, что до одних аэропортов легче добираться, чем до других. Можно сделать вывод, что примерно одна треть поездок в аэропорт приходится на провожающих и встречающих и две трети — на пассажиров и служащих аэропортов [5]. Хотя это соотношение может быть различным для разных городов и аэропортов, местным властям следует установить его, прежде чем планировать строительство дополнительных дорог к аэропортам в связи с ростом интенсивности автомобильного движения. Обычно планировщики городов, шоссейных дорог и аэропортов следуют существующим тенденциям и никогда не задают вопроса, стоит ли продолжать ненужные поездки. Они расширяют аэропорты и шоссейные дороги, выделяют фонды и ресурсы, одинаково обслуживая и пассажиров, и непассажиров. Но ведь это совершенно бессмысленно. При большом числе встречающих и провожающих планировщики должны предусмотреть другие подходящие возможности людям встречать или провожать своих друзей и тем самым ликвидировать пробки на шоссе. Это позволит избежать необходимости строить дополнительные полосы, чтобы обеспечить явно ненужные поездки.

Мы никогда не делали попыток изменить тенденции или повлиять на потребности. Мы действовали во имя индивидуальной свободы, так называемого права человека делать то, что он хочет. Но настал момент, когда уже нельзя разрешать человеку так поступать. В приведенном выше случае нам просто не хватит бетона для строительства дорог, если мы позволим всем встречающим и провожающим ездить в аэропорты. Необходимо ввести некоторые ограничения на ненужные поездки и оказывать влияние на характер и состав дорожного движения. В действительности свобода и права личности пострадают больше, если планировщик не предпримет никаких мер против вредного влияния современных тенденций и не изменит своего мнения относительно непогрешимости общепринятых предпосылок [6]. Это требование обусловливается ограниченностью природных и созданных человеком ресурсов. Проектирование систем предусматривает, что *планировщик должен быть лидером, а не ведомым*. Более подробно этот вопрос обсуждается в гл. 4 и 19.

Законодательные и территориальные барьеры

При улучшении систем нельзя преодолеть законодательные и территориальные барьеры, которые могут существовать между разными системами, препятствуя принятию согласованных решений по имеющимся проблемам. Можно привести много примеров такого положения дел. Так, при обеспечении водой районов штата, в которых испытывается ее нехватка, необходимо рассматривать проблему водоснабжения на региональном, общегосударственном и даже общеконтинентальном уровнях. Изучение возможных решений резко ограничивается законодательными и территориальными барьерами. Даже беглое изучение проблемы водоснабжения в различных районах Калифорнии показывает, что каждый город решает ее самостоятельно, принимая местные или региональные решения, не учитывающие политики штата в этом вопросе [7].

Множество примеров говорит о том, что для достижения прогресса в решении таких проблем необходимо преодолеть традиционные барьеры. Ясно, что попытки улучшить качество жизни потребуют более серьезных мер, чем постановление местных властей, запрещающее сбрасывать мусор в реки или скидывать опавшие листья. Мероприятия по охране окружающей среды нельзя проводить в рамках существующих законодательных и территориальных границ. Использование сверхзвуковых лайнеров привело к тому, что аэропорты не могут справиться с возросшим числом пассажиров, жители многих районов жалуются на угрожающие уровни шума, а атмосфера загрязняется выбросами самолетов. Такие проблемы выходят за границы традиционной юрисдикции и должны решаться в рамках большой системы, которая включает все остальные системы, т. е. в рамках *системы в целом*.

Пренебрежение побочными эффектами

При улучшении систем, как правило, не учитываются побочные эффекты изменения систем — нежелательные воздействия, оказываемые на другие системы. Для решения проблемы охраны окружающей среды, о которой уже шла речь, необходимо создание компетентного органа, обладающего достаточными полномочиями, чтобы защищать общие интересы. Этот орган должен выдвигать справедливые и разумные требования, распространяющиеся на всех. Требование использовать на автомобилях устройство, снижающее токсичность выхлопных газов, будет эффективным лишь в том случае, если оно реализовано на уровне большой системы, включающей не только население, но и промышленность, правительство и вооруженные силы.

Улучшение замкнутых систем может оказать влияние на другие системы. В качестве примера можно рассмотреть заслуживающие похвалы меры по улучшению здоровья населения, направленные на увеличение продолжительности жизни. Так, меры по улучшению здоровья представляются полезными, если говорить о физическом благополучии пожилых людей. Попытаемся более широко рассмотреть эту проблему, учитывая не только физическое, но и психическое состояние этих лиц. Бессмысленно продлевать жизнь (улучшение системы) старикам, если у них нет деяний или возможностей получать удовлетворение от жизни. Продление жизни путем улучшения медицинского обслуживания — типичный пример улучшения замкнутой системы без учета проблем больших систем. Другие примеры побочных эффектов приводятся в гл. 7 «Этические аспекты проектирования систем» и в гл. 10 «Социальные показатели и качество жизни».

Важно выработать «чувствительность» к вредным эффектам, возникающим, как будет показано в следующих главах, когда ограничиваются узкоместническими целями, не согласующимися с более широкими целями организации в целом. Примерно такая же проблема возникает, когда администрация предприятия осуществляет оптимизацию своих *частных* затрат без учета *социальных* затрат, т. е. не учитывает «внешних издержек производства, неразрывно связанных с внутренними издержками» [8].

Улучшение систем как метод исследования

По перечисленным выше причинам улучшение систем не является подходящим методом исследования для решения проблем, возникающих в сложных системах. Улучшение систем давно используется под самыми различными названиями во всех сферах жизни. Поборники упрощения, эффективности и снижения стоимости продолжают рекламировать под различными вывесками проекты улучшения систем городам, правительству, школам, библиотекам и даже бизнесменам и промышленникам.

Дальше в этой книге мы будем приводить доводы в пользу принятия *системного подхода*, который в виде определенной совокупности методов также можно назвать *прикладной общей теорией систем*. Каждый ученый считает свое решение новым. Автор данной книги, естественно, тоже склонен к этому, и ему легко оправдать свою позицию. В то время как многие методологические проблемы этого нового подхода остаются нерешенными, появление настоящей книги должно способствовать его дальнейшему развитию. Она должна привлечь других исследо-

вателей к дальнейшей разработке системного подхода, чтобы сделать его более жизнеспособным и более приемлемым.

Проектирование систем. Системный подход

Проектирование систем отличается от улучшения систем исходными посылками и используемыми методами (см. табл. 1.1).

Таблица 1.1

Сравнение двух методологий изменений: улучшения систем и проектирования систем

	Улучшение систем	Проектирование систем
Условия работы системы	Проект принят	Проект под вопросом
Объекты исследования	Субстанция Содержание Причины	Структура и процесс Метод Цель и функция
Парадигма	Анализ системы и подсистем (аналитический метод, или научная парадигма) Дедукция и редукция	Проектирование системы в целом (системный подход, или системная парадигма) Индукция и синтез
Метод рассуждений	Улучшение существующей системы Определение причин отклонений реальной работы системы от запланированной (прямые издержки)	Оптимизация системы в целом Определение различий между реальным и оптимальным проектом (вмененные издержки)
Выход	Объяснение прежних отклонений	Прогнозирование будущих результатов
Методика	Интроспективный: от системы внутрь	Экстроспективный: от системы наружу
Основной акцент	Ведомый: следует существующим тенденциям	Лидер: оказывает влияние на тенденции
Подход		
Роль планировщика		

При улучшении систем возникающие вопросы связаны с обеспечением нормальной работы уже существующих систем. В то же время системный подход является в своей основе методологией проектирования систем, поэтому при его использовании ставится под сомнение сам характер данной системы и ее роль в рамках более широкой системы. Первый вопрос, который возникает при системном подходе,— это цель существования системы. Необходимо установить отношения между данной системой и всеми другими системами, в которые она

входит или с которыми она связана. Системный подход в данном случае называют *экстроспективным*, так как анализ направлен от системы к ее окружению (*наружу*) в отличие от метода улучшения систем, который является *интроспективным* — рассмотрение направлено *внутрь* системы. Мы уже говорили, что улучшение систем основано на аналитическом методе, когда условия работы данной системы и соответствующих элементов изучаются методами *дедукции* и *редукции*, чтобы определить причину отклонений от нормы. При системном подходе идут от частного к общему, а проект наилучшей системы определяется методами *индукции* и *синтеза*.

Проектирование системы в целом означает создание оптимальной конфигурации (структуры) системы. Сейчас мы не будем объяснять, каким образом можно достичь оптимума. Достаточно сравнить ограниченные возможности метода улучшения систем с неограниченными возможностями системного подхода.

Системный подход — это принцип исследования, при котором рассматривается *система в целом*, а не ее отдельные подсистемы. Его задачей является оптимизация системы в целом, а не улучшение эффективности входящих в нее подсистем. При улучшении системы ищут причины отклонений в рамках этой системы, не считая необходимым расширять эти рамки. Когда ставится цель привести систему к норме, первоначальные предпосылки и цели, лежащие в основе проекта этой системы, под сомнение не ставятся, хотя они могут быть неверными и устаревшими. При системном подходе ситуация обратная, здесь планировщик выступает в роли лидера, а не ведомого. Он пересматривает проект и конфигурацию системы, пытаясь устранить законодательные и территориальные барьеры, чтобы предотвратить действие побочных эффектов.

В противоположность методологии изменений, которую мы называем улучшением систем, системный подход является методологией проектирования, основывающейся на следующих положениях.

1. Проблема определяется с учетом взаимосвязи с *большими (super)системами*, в которые входит рассматриваемая система и с которыми она связана общностью целей.

2. Цели системы обычно определяются не в рамках подсистем, а их следует рассматривать в связи с более крупными системами или системой в целом.

3. Существующие проекты следует оценивать величиной вмененных издержек или степенью отклонения системы от оптимального проекта.

4. Оптимальный проект обычно нельзя получить путем внесения небольших изменений в существующие принятые формы.

Он основывается на планировании, оценке и принятии таких решений, которые предполагают новые и положительные изменения для системы в целом.

5. Системный подход и системная парадигма основаны на таких методах рассуждений, как индукция и синтез, которые отличаются от методов дедукции, анализа и редукции, используемых при улучшении систем.

6. Планирование представляет собой процесс, в котором планировщик берет на себя роль лидера, а не ведомого. Планировщик должен предлагать решения, которые смягчают или даже устраниют, а не усиливают нежелательные воздействия и тенденции предыдущих проектов систем.

Чтобы пользоваться этими положениями, следует определить ряд понятий.

Понятия, характеризующие системы

Элементы

Элементы являются составными частями каждой системы. Они могут в свою очередь представлять собой системы, т. е. быть подсистемами. Элементы систем могут быть иеживыми или живыми. Большинство систем, с которыми мы имеем дело, включают и те, и другие элементы. Элементы, поступающие в систему, называются *входными*, элементы, выходящие из нее, называются *выходными*.

Процесс преобразования

В организованных системах постоянно идет процесс преобразования, в ходе которого элементы изменяют свое состояние. В процессе преобразования входные элементы трансформируются в выходные. В организованной системе ценность и полезность входных элементов при этом увеличиваются. Если же в процессе преобразования ценность и полезность элементов уменьшаются, то затраты в системе увеличиваются, а ее эффективность уменьшается.

Входные элементы (входы) и ресурсы

Различие между входными элементами и ресурсами очень незначительно и зависит лишь от точки зрения и условий. В процессе преобразования входные элементы — это те элементы, которые потребляют ресурсы. Например, студенты, входящие в систему образования, являются *входными элементами*, в то время как преподаватели — это один из ресурсов,

используемых в процессе преобразования. В рамках большой системы студенты, получившие образование, преобразовываются в *ресурсы*, когда они становятся активными элементами общества. Вообще личный состав (преподаватели, обслуживающий и административный персонал), капитал (который обеспечивает землю, оборудование, помещение и снабжение), талант, квалификацию и информацию можно попеременно рассматривать как входные элементы или как ресурсы, используемые в системе образования. Определяя входные элементы и ресурсы систем, важно указать, контролируются ли они проектировщиком системы, т. е. следует их рассматривать как часть системы или как часть окружающей их среды (см. раздел ниже). При оценке эффективности системы входные элементы и ресурсы обычно относят к затратам.

Выходные элементы (выходы)

Выходные элементы представляют собой результат процесса преобразования в системе и рассматриваются как *результаты, выходы или прибыль*.

На рис. 1.1 представлена схема системы и ее окружения.

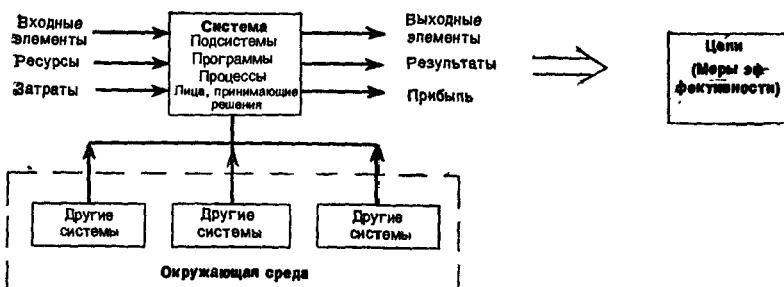


Рис. 1.1. Система, ее входы-выходы и окружающая среда.

На ней показаны входные элементы, ресурсы и затраты, входящие в систему, и выходные элементы, результаты и прибыль, выходящие из нее.

Окружающая среда

Ниже мы подробно обсудим вопрос о том, как устанавливать границы системы и ее окружения. Здесь же достаточно сказать, что установление границ совершенно необходимо, когда мы изучаем открытые системы — системы, взаимодействующие с другими системами. Устанавливая границы, мы определяем, какие системы можно считать находящимися под кон-

тролем лица, принимающего решение, и какие остаются вне его влияния. Однако, как бы ни устанавливались границы системы, нельзя игнорировать ее взаимодействие с окружающей средой, ибо в этом случае принятые решения могут оказаться бессмысленными.

Назначение и функция

Неживые системы не имеют явного назначения. Они получают специфическое *назначение*, или наделяются *функцией*, когда вступают во взаимоотношения с другими подсистемами в рамках большой системы. Таким образом, связи подсистем между собой и с системой в целом очень важны при изучении систем. Вопросы, связанные с проблемами причинности и завершенности, здесь рассматриваться не будут, мы уделим им внимание в следующей главе.

Признаки

Системы, подсистемы и их элементы обладают *признаками* (*свойствами* или *характеристиками*). Признаки могут быть «количественными» или «качественными». В зависимости от такого деления определяется и подход к их измерению. «Качественные» признаки труднее определять и измерять, чем «количественные». Термин «признаки» иногда используют как синоним термина «мера эффективности», хотя признак и его меру следует различать. Проблемы, имеющие отношение к теории измерений, будут рассматриваться в гл. 8—10.

Задачи и цели

При проектировании систем первостепенное значение имеет определение их *задач и целей*. По мере того как мы отходим от абстрактных рассуждений, установление назначения системы становится более четким и рабочим. Мера эффективности показывает, в какой степени достигаются цели системы, и дает представление о количественной величине проявления признаков систем.

Компоненты, программы, задания

В целенаправленных системах процесс преобразования организуется с привлечением *компонентов*, *программ* или *заданий*, которые состоят из совместимых элементов, объединенных для достижения определенной цели. В большинстве случаев границы компонентов не совпадают с границами организационной

структурой, и это очень важный момент при системном подходе.

Принятие решений

Действия и решения, которые имеют место в системе, являются прерогативой руководителей и других лиц, принимающих решение. Их обязанность — направлять систему на достижение поставленных целей. Нас в основном интересует изучение организаций и организованных систем, являющихся целенаправленными, т. е. систем, имеющих определенное назначение или функцию и ориентированных на получение одного или нескольких доступных наблюдениям и измерениям результатов.

Структура

Понятие *структурой* связано с упорядоченностью отношений, которые связывают элементы системы. Структура может быть простой или сложной в зависимости от числа и типа взаимосвязей между частями системы. В сложных системах должна существовать иерархия, т. е. упорядочение уровней подсистем, частей и элементов. От типа и упорядоченности взаимоотношений между компонентами системы в значительной степени зависят функции систем и эффективность их выполнения.

Состояния и потоки

Принято делать различие между состояниями и потоками в системах. *Состояние* системы характеризуется значениями признаков системы в данный момент времени. Переходы части элементов системы из одного состояния в другое вызывают *потоки*, определяемые как скорость изменения значений признаков системы. *Поведением* системы считается изменение состояний системы во времени.

Системный подход с точки зрения управления

При использовании системного подхода особого внимания заслуживают четыре важные проблемы:

1. Определение границ системы в целом и границ окружающей ее среды, или окружения.
2. Установление целей системы.
3. Определение структуры программы и построение матрицы программы — элементы.
4. Описание управления системами [9].