20 коп.

Министерство высшего и среднего специального образования РСФСР

ЛЕНИНГРАДСКИЙ ОРДЕНА ЛЕНИНА
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
имени М. И. КАЛИНИНА

А. А. ДЕНИСОВ

ИНФОРМАЦИЯ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ

Учебное пособие

Ленинград
1980

Министерство высшего и среднего специального образования РСФСР

ЛЕНИНГРАДСКИЙ ОРДЕНА ЛЕНИНА
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
имени М. И. КАЛИНИНА

А. А. ДЕНИСОВ

ИНФОРМАЦИЯ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ

Учебное пособие

Ленинград
1980

УДК 681.518(075.8)

Пособие предназначается для студентов специальности «Автоматика и телемеханика» применительно к курсам «Теоретические основы кибернетики» и «Автоматизация проектирования», а также для широкого круга специалистов в области кибернетики, теории систем, систем управления и биокибернетики.

Используется формализм теории отражения и диалектической логики в приложении к задачам управления и проектирования. Развиваются идеи, впервые сформулированные в ранее вышедшем пособии по тому же курсу.

Введение

Информационная структура управления

Все XX столетие ознаменовано попытками создания общей теории систем (в особенности систем управления) различной природы и происхождения. В начале века, по-видимому, первую попытку построения «всеобщей организационной науки» предпринял А. А. Богданов [5]; в середине столетия мысль об универсальности систем управления и связи развил отец кибернетики Н. Винер [3]; наконец, в наши дни можно наблюдать значительное количество все новых попыток создания универсальной системологии.

Характеризуя эпопею системологических изысканий, необходимо отметить, что хотя эти изыскания в ряде случаев обогатили науку специальными методами формализованного представления и описания систем, в целом они были обречены на неудачу в достижении своей конечной цели, поскольку не признавали в качестве единственной универсальной и всеобщей теории систем диалектический материализм, на что, критикуя махизм А. А. Богданова, по существу, указывал еще В. И. Ленин [1].

В самом деле, любая системология, т. е. сколько-нибудь действительно общая теория систем, претендует на описание любых, т. е., по существу, всех систем как материальных, составляющих объективную реальность, так и идеальных, составляющих наше отражение объективной реальности. Тем самым она претендует на философский уровень описания бытия и сознания, чем как раз и занимается материалистическая диалектика. Иными словами, нет и не может быть иной системологии, кроме марксистской материалистической диалектики, что вовсе не исключает, а, напротив, требует поисков формализованного представления диалектического метода, ибо, по мысли К. Маркса, наука лишь тогда достигает зрелости, когда ей удается пользоваться математикой.

Это означает, во-первых, что термин «системология» (общая теория систем) имеет право на существование лишь как синоним формализованной диалектики.

Это означает, во-вторых, что такая системология должна опираться на материю (вещь в себе) как единственную универсальную базу построения материальных систем, а не на бесплодные (и бесплотные!) позитивистские «элементы», которые применимы лишь при описании конкретных систем, состоящих из конкретных элементов.

Это означает, в-третьих, что единственным продуктом межсистемного и внутрисистемного взаимодействия (отражения) является информация, которая выступает лишь как синоним отраженной материи (вещи для нас) и не несет никакого иного содержания, составляя базу для построения в нашем сознании идеальных систем, отражающих структуру бытия.

Рис. 1

Таким образом, с позиций диалектического материализма всякая система представляет собой либо материальный объект (вещь в себе), наделенный в общем случае как способностью отражения объективной реальности (окружающей материи), так и способностью самоотражения (рис. 1), реализующейся в форме обратных связей; либо идеальное отражение этого объекта в нашем сознании (вещь для нас). Обладая совокупностью свойств M_k, включая свойства M_3, созданные системой, и свойства M_4 самой системы, материя частью их воздействует на чувствительные органы, измерительные устройства, которые обеспечивают чувственное отражение материи системой в форме чувственной (первичной) информации J_k (ощущения).

По мысли В. И. Ленина [1], этот уровень чувственного отражения, по существу, родственный ощущениям, свойствен всей (а не только живой) материи, т. е. в той или иной степени присущ любой материальной системе. На этом уровне информация в системе зиждется на вполне материальных носителях, имеющих, правда, отличную от отражаемой материи физическую природу, — вроде нервных импульсов и др.

В более или менее совершенных живых организмах, имеющих центральную нервную систему, а также в искусственных системах, имитирующих соответствующие функции живых организмов, первичная чувственная информация может синтезироваться в целостное восприятие **J**. Роль синтезатора (см. рис. 1) в этом случае не сводится к простому арифметическому суммированию первичных информаций, а заключается в представлении их в виде компонент единого многомерного вектора информации **J**, т. е. сводится к геометрическому, векторному, сложению. На этой стадии уже уместно говорить о восприятии как об идеальном продукте синтезатора в том смысле, что вектор информации **J** (восприятие) в отличие от своих компонент J_k не имеет определенного материального носителя, а создается совокупным взаимодействием носителей своих компонент; вульгарное же представление о синтезе нервной системой материального носителя восприятия, обладающего всем многообразием свойств целого, не подтверждается биологией.

Высшую форму отражения — сознание — осуществляет наше мышление, продуктом которого является знание, выступающее в форме сущности H вектора чувственной информации **J**. Наше знание, т. е. суть H явления, выступающая в форме понятия, есть тоже информация, и притом скалярная величина, подобная одной из компонент J_k вектора чувственной информации, однако, в отличие от J_k, понятие в оговоренном выше смысле не только само не имеет определенного материального носителя (если не считать мозг в целом), но даже и не соответствует никакому конкретному материальному объекту. Иными словами, абстрактной сущности H соответствует своего рода ощущение общности множества однородных явлений, выступающее в форме «вещи для нас», которой не соответствует никакая конкретная «вещь в себе». Именно это обстоятельство позволяет сознанию усматривать в одном и том же реальном явлении различную суть в зависимости от целей, которые преследует рассмотрение этого явления. Так, на уровне ощущений (которые дают объективную информацию, не зависящую от целей ее сбора) разогретая до нескольких сот градусов печь воспринимается всеми как горячая; но на уровне понятий та же печь воспринимается то как горячая, если целью ее разогрева является кипячение воды, то как холодная, если целью является получение расплавленного железа.

Сформулированные понятия хранятся в запоминающем устройстве, которое в схеме на рис. 1 выполняет лишь функции временной задержки, т. е. выдает информацию по требованию через определенное время после ее сформирования.

Вышеописанная цепь информационных преобразований соответствует первой части известной ленинской формулы познания объективной реальности: от живого созерцания к абстрактному мышлению и от него — к практике. Второй части этой формулы соответствует изображенная на рис. 1 обратная цепь преобразований. При необходимости использования понятие H' извлекается из памяти, воплощается в конкретный образ (представление) **J'**, разлагается анализатором на совокупность скалярных чувственных информаций (управлений), которые воплощаются исполнительными органами в те или иные свойства материальных объектов. При этом извлеченное из памяти понятие H' может ввиду длительного хранения уже не вполне соответствовать реальному положению дел, т. е. может отличаться от понятия H, которое формируется на основе «свежих» данных. В свою очередь, вектор представления $\mathbf{J}'$ во всем подобен вектору восприятия $\mathbf{J}$ с той лишь разницей, что отстоит от него во времени, а потому может и не соответствовать изменившейся за это время объективной реальности. Наконец, управления J_k' представляют собой компоненты вектора $\mathbf{J}'$, т. е. его проекции на те или иные оси координат, однако как число этих осей координат, так и сами оси, соответствующие набору исполнительных органов, могут отличаться от осей вектора восприятия $\mathbf{J}$, соответствующих набору органов чувств.

Когда речь идет об управлении, невозможно обойтись без определения цели управления. Не останавливаясь на анализе существующих на этот счет разнотолков, отметим, что для жизнедеятельности (существования) любой системы, т. е. для исполнения ею своих функций, объективно необходимы определенные условия, которые с математической точки зрения совместно образуют некоторый функционал существования системы, оптимум (экстремум) которого соответствует объективно наилучшему для системы сочетанию условий ее существования. Поэтому, с позиций диалектики, цель — это отраженный системой экстремум функционала ее существования, соответствующий оптимальным условиям жизнедеятельности. При этом в зависимости от обстоятельств различные системы отражают («формулируют») свои цели как на уровне ощущений (в форме стремления к теплу, сытости и т. п.) и на уровне восприятий и представлений (в форме стремления оказаться в совершенно конкретном месте или обзавестись совершенно конкретной вещью), так и на уровне понятий (в форме стремления к власти, добру и т. п.).

Таким образом, любая система управления представляет собой материальный объект, помещенный в материальную среду и оперирующий информацией, которая является как продуктом отражения системой окружающей среды, так и продуктом самоотражения системы. По этой причине дальнейшее изложение базируется на анализе информационных процессов в системах управления, что позволяет получить универсальное описание работы систем любой природы и сложности.

В заключение отметим, что по сути своей структура системы (см. рис. 1) в общем случае носит иерархический характер, причем множество первичных чувственных информаций (ощущений) J образует нижний, или первый, уровень иерархии (рис. 2); множество восприятий (представлений) $\mathbf{J}$

образует второй снизу уровень; множество понятий H образует третий уровень и т. д. При этом первичные понятия при дальнейшем абстрагировании образуют более сложные понятия четвертого уровня, те, в свою очередь, образуют понятия следующего уровня до тех пор, пока в общем случае вся структура не сойдется на верхнем уровне к одному понятию — понятию материи. Степень разветвления структуры и число ее уровней характеризует понятие, получившее в литературе наименование тезауруса. Чем проще система, чем беднее ее тезаурус, тем проще понятия, которыми она оперирует на верхнем уровне своей иерархии, и тем ближе этот уровень к уровню ощущений.

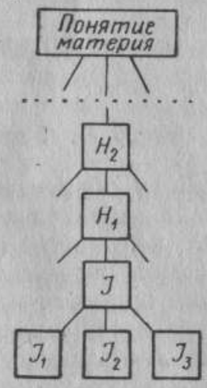

Рис. 2

Суммируя сказанное, можно сделать вывод, что управление включает в себя, во-первых, выработку целей, т. е. познание (отражение) объективного оптимума функционала существования управляемой системы; во-вторых, познание (измерение) реальных условий существования системы, включая ограничения (реальные значения) ее параметров и окружающей среды; в-третьих, принятие управляющего решения (выработка распоряжения), т. е. констатацию обязательности устранения расхождения между желаемым оптимумом и реальным значением функционала существования системы; в-четвертых, исполнение (практика), т. е. реализацию исполнительными органами близких к оптимальным условий существования системы; наконец, в-пятых, контроль исполнения (обратная связь), т. е. познание новых условий существования системы, возникших вследствие управления ими.

Если бы отражение системой самой себя и окружающей среды было абсолютно истинно, решения безукоризненны, а исполнение безупречно, то управление исчерпывало бы себя в одном цикле. Однако ввиду эволюции среды и самой системы под воздействием возмущений, вследствие самосовершенствования и старения, ввиду совершенствования познания и связанного с этим изменения целей управления, наконец, ввиду несовершенства исполнительных органов приходится многократно повторять циклы управления, следовательно, реальная система управления фактически должна функционировать непрерывно.

Глава первая

ФОРМАЛИЗМ ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

§ 1. Управление в неизменных ситуациях

Если обратиться к схеме на рис. 1, то станет понятным, что применительно к этой схеме неизменная ситуация означает постоянство во времени свойства M_k окружающей среды и самой системы. Естественно, в таком установившемся режиме остаются неизменными во времени также и первичная чувственная информация I, вектор информации (восприятие) $\mathbf{J}$ и сущность (понятие) H, так что задача исследования сводится в этом случае к установлению отношений этих величин. Поскольку однако нас здесь интересуют прежде всего формальные, т. е., в сущности, математические соотношения, которые всегда связывают количества, т. е. измеримые величины, то необходимо прежде всего решить вопрос об измерении всех участвующих в отражении величин.

Измерение сущности. Что касается измерения скалярной информации, то в принципе этот вопрос решен еще Шенноном [8]:

для дискретной информации

$$H = -\sum_{k=1}^{m} p_k \log p_k, \tag{1}$$

для непрерывной информации

$$H = -\int_{-\infty}^{\infty} f(x) \log \int_{x-\Delta x/2}^{x+\Delta x/2} f(x)\,dx\,dx, \tag{2}$$

где p_k — вероятность того или иного состояния изучаемой материи; $f(x)$ — плотность вероятности этих состояний; Δx — разрешающая способность прибора, которым фиксируются состояния, а логарифм берется с основанием 2, в результате чего информация согласно (1) и (2) имеет размерность бит.

Поскольку всегда $\sum_{k=1}^{m} p_k = \int_{-\infty}^{\infty} f(x)\,dx = 1$, то для равномерных распределений $p_k = 1/m = \text{const}$ и $f(x) = 1/x = \text{const}$ вычисление информации упрощается:

$$H = \log m = \log \frac{x}{\Delta x}. \tag{3}$$

Так, например, сущность переключателя четырех телевизионных программ ($m = 4$) при условии равномерного распределения интересов членов семьи по всем программам составляет согласно (3) $H = \log 4 = 2$ бит; а сущность системы телевизионной строчной развертки, обеспечивающей равномерное распределение 625 строк по всему экрану, с точностью до одной строки ($\Delta x = 1$) составляет $H = \log 625 = 9{,}3$ бит.

Здесь речь идет об измерении так называемой собственной сущности того или иного материального объекта, т. е. сущности его самого по себе вне взаимодействия с окружающей средой и другими объектами. В дальнейшем эту собственную сущность, для которой характерно равномерное распределение вероятностей, будем обозначать H без индекса. Рассматривая же сущность объекта в составе той или иной системы, т. е. во взаимодействии с другими объектами, приходится пользоваться исходными соотношениями (1) и (2), поскольку внешние взаимодействия приводят в общем случае к неравномерному распределению вероятностей состояний объекта. Для этой сущности объекта будем пользоваться обозначением H_c. Наконец, разность этих сущностей будем называть взаимной сутью $H_в$ составляющих систему объектов:

$$H_в = H_c - H. \tag{4}$$

В качестве примера рассмотрим вычисление сущности букв русского алфавита. Если принять число этих букв 32, то собственная суть любой буквы вне контекста согласно (3) будет равна $H = \log 32 = 5$ бит, поскольку буквы в алфавите распределены равномерно и каждая встречается всего один раз. В свою очередь, системная сущность букв в русском тексте в соответствии с заимствованной из [2] таблицей составляет, включая промежуток между словами $<->$, согласно (1): $H_c = 4{,}42$ бит. Наконец, взаимная суть русских букв в тексте согласно (4) приобретает значение $H_в = -0{,}58$ бит.

Целостность системы. Поскольку взаимная суть частей, составляющих систему, определяется степенью их взаимосвязи в системе как целом, можно заключить, что $H_в$ представляет собой также и характеристику целостности систе-

Распределение вероятностей букв в системе речи

Буква	p_k	Буква	p_k	Буква	p_k	Буква	p_k
<–>	0,145	р	0,041	я	0,019	х	0,009
о	0,095	в	0,039	ы	0,016	ж	0,008
е	0,074	л	0,036	з	0,015	ю	0,007
а	0,064	к	0,029	ъ, ь	0,015	ш	0,006
и	0,064	м	0,026	б	0,015	ц	0,004
т	0,056	д	0,026	г	0,014	щ	0,003
н	0,056	п	0,024	ч	0,013	э	0,003
с	0,047	у	0,021	й	0,010	ф	0,002

мы, т. е. количественное выражение того нового качества, которым обладает система в целом, но которое не присуще ее частям, рассматриваемым в изоляции друг от друга. Иными словами, чем больше взаимная суть частей, тем больше целостность системы. Однако оценка целостности непосредственно по $H_в$ не всегда удобна, в особенности при сравнении разнородных систем. Более универсальна относительная оценка

$$\alpha = -H_в/H, \tag{5}$$

которую будем называть целостностью. Согласно (5) целостность системы русской речи на уровне букв составляет всего $\alpha = 0{,}58/5 = 0{,}116$. Для сравнения укажем, что если разнообразие одежды гражданских лиц, т. е. вероятность встретить тот или иной набор вещей, определяет собственное содержание одежды H, а одежда солдата регламентирована до мелочей, так что вероятность обнаружить ее в воинском строю практически равна единице, чему согласно (1) и (4) соответствует $H_с = 0$, то согласно (5) целостность строя приближается к абсолютной, для которой характерна $\alpha = 1$.

Может показаться, что (5) применима лишь к однородным системам, состоящим из одинаковых элементов, имеющих одинаковые H и $H_с$, поскольку в противном случае для разных элементов получим разные значения α. Однако в этом последнем случае можно предварительно просуммировать соответствующие сущности отдельных элементов и взять отношение соответствующих суммарных сущностей, что вновь приведет к (5):

$$\alpha = -\Sigma H_в/\Sigma H = -H_в'/H',$$

так как суммарная взаимная сущность частей есть взаимная сущность $H_в'$ системы как целого, а суммарная собственная сущность частей есть собственная сущность H' всей системы. При этом $H_в'$ и H' определяются посредством тех же формул (3) и (4), но по вероятностям состояния всей системы

как единого целого. Например, рассматривая двузначное число, можно найти для него согласно (3) $H' = \log 100 = 6{,}65$ бит. Зная, однако, что это — число шахматных фигур на доске, следует ограничить его пределами от 0 до 32, чему при условии равной вероятности любого числа фигур в этих пределах соответствует $H_с' = \log 33 = 5{,}04$ бит и $H_в' = -1{,}61$ бит, а целостность системы $\alpha = 0{,}242$. При этом двузначное число как система состоит из двух различных частей (цифр), первая из которых в пределах системы может принимать значения от 0 до 3, вторая — от 0 до 9, а каждая из них, взятая сама по себе, может принимать значения от 0 до 9, так что для каждой из них $H = \log 10 = 3{,}32$ бит. В то же время в младшем разряде в 30 из 33 случаев может быть любая цифра, но в оставшихся трех случаях могут быть лишь цифры от 0 до 3, поэтому $H_{2с} = \frac{30}{33}\log 10 + \frac{3}{33}\log 3 = 3{,}16$ бит; а в старшем разряде каждая из цифр от 0 до 2 встречается в 10 случаях из 33, цифра же 3 встречается в 3 случаях, так что $H_{1с} = -\frac{30}{33}\log\frac{10}{33} - \frac{3}{33}\log\frac{3}{30} = 1{,}88$ бит. Таким образом, $H_{1в} = -1{,}44$ бит, $H_{2в} = -0{,}16$ бит, и хотя это дает различные оценки целостности по разрядам $\alpha_1 = 1{,}44/3{,}32 = 0{,}435$ и $\alpha_2 = 0{,}16/3{,}32 = 0{,}048$, результирующая оценка $\alpha = -(H_{1в} + H_{2в})/(2H) = 0{,}242$ совпадает с исходной для всей системы.

Приведенные примеры касались положительной целостности, характерной для устойчивых систем с той или иной степенью специализации элементов, т. е. с ограничением в процессе объединения множества их исходных возможностей. Между тем, можно обнаружить и системы с отрицательной целостностью, характерной, например, для объединений типа товариществ по совместной обработке земли (ТОЗ), не связанных с разделением труда. Например, если двое земледельцев, каждого из которых до объединения можно было с равной вероятностью обнаружить на своем участке, либо вне его, объединяются в ТОЗ так, что после этого помимо их суммарных исходных четырех состояний появляются еще состояния, когда они оба обрабатывают участок одного из них, то до объединения $H = \log 2 = 1$ бит, а после объединения $H_с = 0{,}5\log 6 = 1{,}3$ бит. Следовательно, целостность $\alpha = (H - H_с)/H = -0{,}3$. Отрицательная целостность указывает на неустойчивость системы, на ее склонность к распаду тем в большей степени, чем больше модуль α. Как раз по этой причине ТОЗы, в которых было трудно договориться об очередности совместной обработки участков, пришлось заменить колхозами, где разделение труда обеспечило им положительную целостность и устойчивость. С другой стороны, некоторые системы, в целом обладающие положительной α, при оценке целостности отдельных своих состояний обнаруживают переход от положительно целостных устойчивых состояний ($\alpha_k > 0$) к отрицательно целостным неустойчивым состояниям ($\alpha_k < 0$), т. е. такие системы стремятся консолидировать первые состояния и отторгнуть последние. Например, если тот или иной технический журнал из 100 статей напечатал 40 — по автоматическому управлению, 30 — по вычислительной технике, 20 — по общетеоретическим вопросам и 10 — по элементам автоматики, то согласно (5) имеем соответственно для каждого из четырех возможных состояний тематики журнала:

$$\alpha_1 = \frac{\log 4 + \log 0{,}4}{\log 4} = 0{,}34; \qquad \alpha_2 = \frac{\log 4 + \log 0{,}3}{\log 4} = 0{,}13;$$

$$\alpha_3 = \frac{\log 4 + \log 0{,}2}{\log 4} = -0{,}16; \qquad \alpha_4 = \frac{\log 4 + \log 0{,}1}{\log 4} = -0{,}66,$$

а в среднем

$$\alpha = \frac{\sum \alpha_k H_k}{\sum H_k} = -0{,}09.$$

Таким образом, редакция журнала охотно печатает статьи по первым двум тематикам и стремится отвести статьи по двум остальным тематикам. Имея такого рода характеристики по нескольким журналам, осмотрительный автор статьи должен предпочесть те из них, в которых тематика его статьи имеет максимальное значение α_k. Отметим, что как собственная суть H объекта, так и его суть H_c в системе объектов могут измеряться лишь с точностью до некоторой постоянной, связанной с выбором исходного множества состояний, т. е. с выбором того или иного уровня иерархии системы (рис. 2) в качестве исходного (нижнего) уровня. Так, структуру твердого тела можно рассматривать как на уровне его кристаллов, так и на уровне молекул, атомов, и, наконец, элементарных частиц, каждый раз увеличивая число возможных состояний по мере детализации рассмотрения, т. е. имея каждый раз дело с различной сутью тела.

Точно так же непрерывное нормальное распределение какой-либо величины x, если в законе $f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma^2}\right)$ ограничиться сколь угодно большой, но конечной областью $-m\sigma < x < m\sigma$, где m — любое число, большее единицы,

имеет согласно (2) системную суть

$$H_c = -\log \frac{\Delta x}{\sigma\sqrt{2\pi}} + \int_{-m\sigma}^{m\sigma} \frac{x^2}{2\sigma^3\sqrt{2\pi}\ln 2} \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma^2}\right) dx$$

и согласно (3) собственную суть $H = \log \frac{2m\sigma}{\Delta x}$, которые явно зависят от произвола в выборе Δx. Это, однако, не относится к взаимной сущности $H_в$, которая не зависит от абсолютных значений H и H_c и имеет в каждой системе определенное значение, как, например, для нормального распределения:

$$H_в = H_c - H = -\log \frac{2m}{\sqrt{2\pi}} + \int_{-m\sigma}^{m\sigma} \frac{x^2}{2\sigma^3\sqrt{2\pi}\ln 2} \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma^2}\right) dx,$$

где взаимная сущность не только не зависит от Δx, но при достаточно больших m не зависит и от σ: $H_в \simeq 1 - \log m$.

Некоторые авторы [2] склонны только эту взаимную сущность именовать информацией (взаимной энтропией), однако мы здесь исходим из того, что все сущности есть информации, т. е. вещи для нас, в той или иной степени отражающие реальные вещи в себе. При этом, чтобы не создавать путаницы, будем именовать H, H_c и $H_в$ сущностями в отличие от первичной чувственной информации J.

Измерение первичной информации. Как и всякая информация, первичная чувственная информация в принципе может измеряться теми же соотношениями, которые используются для измерения сущностей, однако применительно к ней эти соотношения сильно упрощаются. Действительно, говорить о том или ином законе распределения вероятностей состояний можно лишь имея всю их совокупность, т. е. целостную картину, характерную для понятий как носителей сущности. Чтобы система имела такую картину, она должна по меньшей мере обладать памятью и логикой, увязывающей отдельные явления в единое целое. Что же касается измерительных, чувствительных органов, собирающих первичную информацию, то они, не обладая ни памятью, ни логикой, воспринимают каждое состояние исследуемой материи лишь само по себе, вне всякой связи с другими возможными состояниями. Иными словами, эти органы судят лишь о том, есть то или иное состояние в данный момент и в данном месте, или его нет, причем, не обладая никаким априорным знанием, они воспринимают наличие или отсутствие того или иного состояния как равновероятные события ($p_k = 0{,}5$). В таких условиях согласно (3) информация о каждом дискретном объекте всегда составляет: $J_д = -\log 0{,}5 = 1$ бит.

При одновременном наличии нескольких (m) однородных дискретных состояний чувствительные органы, не обладая логическим аппаратом, просто суммируют информацию: $J = mJ_д$; или в случае непрерывного измерения величины x, когда $m = x/\Delta x$, они дают информацию:

$$J = x/\Delta x \text{ бит}, \quad (6)$$

где Δx — разрешающая способность чувствительного органа. Соотношение (6) позволяет измерять в битах первичную чувственную информацию любого происхождения и природы, причем как непрерывную, так и дискретную, если в последнем случае разрешающую способность принять равной «размеру» дискретного материального носителя. Например, согласно (6) информация о количестве людей в том или ином помещении с точностью до одного человека равна выраженному в битах числу людей в этом помещении, а информация о напряжении $x = 220$ В в электрической сети с точностью до $\Delta x = 1$ В равна 220 бит, а с точностью до 10 В — 22 бит, поскольку увеличение точности сопровождается пропорциональным увеличением информации, что прямо следует из (6). Последнее свойство присуще только первичной информации и не свойственно сущности. Действительно, если в соотношении (2) разделить Δx на K, получим

$$H_k = -\int_{-\infty}^{\infty} f(x)\,[\log f(x)\,\Delta x - \log K]\,dx = H + \int_{-\infty}^{\infty} f(x)\,dx \log K.$$

Поскольку последний интеграл всегда равен единице, то для сущности явления имеем

$$H_k = H + \log K. \quad (7)$$

Это свойство свидетельствует о том, что при увеличении чувствительности прибора в K раз, в отличие от первичной информации, сущность возрастает не в K раз, а лишь на $\log K$. Иными словами, если, например, увеличить чувствительность того или иного прибора в 1024 раза, то первичная информация J согласно (6) возрастет во столько же раз, но сущность ее H, т. е. наше понимание явления, увеличится только на $\log 1024 = 10$ бит. Поскольку рост информации и ее сущности происходит во времени, то в соответствии с (6) можно записать $J_t = KJ_0$, где J_t — информация в любой заданный момент времени, J_0 — информация в момент начала отсчета времени.

Точно так же согласно (7) $H_t = H_0 + \log K$. Если добиваться стабильного линейного роста наших знаний во времени t, т. е. стремиться к $H_t = H_0 + \beta t$, где β — константа, характеризующая интенсивность роста, то, исключая K из этих соотношений, получим экспоненциальный рост информации

$$J_t = J_0 2^{\beta t}, \quad (8)$$

т. е. тот самый «информационный взрыв», о котором теперь много пишут.

Возвращаясь к измерениям, отметим, что соотношение (6) пригодно также и для измерения материи. Действительно, согласно В. И. Ленину [1], материя, или вещь в себе, есть объективная реальность, данная нам в ощущениях. Однако поскольку ощущения несут первичную чувственную информацию J (вещь для нас), то можно заключить, что материя дана нам в информации. При этом В. И. Ленин неоднократно подчеркивает, что между вещью для нас и вещью в себе нет решительно никакой принципиальной разницы. Иными словами, измеренная посредством (6) информация в идеальных условиях в количественном отношении должна быть равна отражаемой материи. При этом имеется в виду, во-первых, что в зависимости от цели сбора информации мы принимаем во внимание не вообще всякую материю, а лишь ту, которая обладает интересующими нас свойствами, как, например, в случае с военным разведчиком, который, наблюдая за танками противника, игнорирует цветы на полях, птиц на деревьях и вообще всю ту материю, которая не имеет прямого отношения к танкам. Во-вторых, имеется в виду, что количественное равенство информации и материи достижимо лишь в идеальных условиях отражения, т. е. в условиях полнейшей исправности чувствительных органов и при полном отсутствии помех. В противном случае, т. е. в реальных условиях, информация J меньше отражаемой материи M:

$$J = R_k M, \quad (9)$$

где R_k обычно меньше единицы и характеризует условия отражения. В дальнейшем будем называть R_k относительной информационной проницаемостью среды.

Следует отметить, что нам довольно часто приходится иметь дело с идеальными условиями, которые позволяют точно измерить материю, обладающую заданным свойством, однако и затрудненные условия измерения, к сожалению, тоже далеко не редкость. Например, считая солдат в строю, мы не имеем оснований не верить своим глазам, т. е. получаем информацию, в точности равную материи, обладающей свойством солдата ($R_k = 1$); однако считая солдат противника, замаскированных на местности, мы получим явно меньше информации, чем имеется соответствующей материи ($R_k < 1$). В последнем случае R_k в буквальном смысле характеризует проницаемость местности для наблюдения, что и определило ее наименование.

Поскольку среда, в которой происходит отражение, всегда может быть изучена, т. е. может быть определена R_k, постольку (9) позволяет вычислить материю даже посредством неполной по необходимости информации J:

$$M = J/R_k = x/(R_k \Delta x). \qquad (9)$$

Таким образом, (9) формально фиксирует тот очевидный для материалиста факт, что на пути от вещи в себе к вещи для нас нет никакого трансцензуса, никакого запрета, а могут быть лишь временные технические трудности, связанные с экспериментальным или теоретическим определением относительной информационной проницаемости среды R_k. При этом не следует удивляться, что согласно (9) и (6) материя зависит от разрешающей способности Δx чувствительного органа, так как объективно, например, материи, обладающей свойством солдата Δx_1, больше, чем материи, обладающей свойством полка Δx_2, а последней больше, чем материи, обладающей свойством дивизии Δx_3 и т. д., что и отражается отношением

$$\Delta x_1 < \Delta x_2 < \Delta x_3.$$

С точки зрения системы (см. рис. 1) соотношение (9) формализует операцию сбора системой первичной информации об окружающем ее материальном мире в условиях установившегося режима работы.

Измерение восприятий. Следующий шаг — формализация восприятий $\mathbf{J}$, которые не поддаются непосредственному измерению, поскольку, как отмечалось во введении, образуются в воображаемом многомерном пространстве косоугольных аффинных координат, в роли которых выступают первичные информации (ощущения) J_k:

$$\mathbf{J} = (J_1, J_2, J_3, \ldots, J_m). \qquad (10)$$

Особенность как восприятия, так и представления состоит в том, что при одном и том же наборе ощущений J_k каждая отражающая система имеет собственную индивидуальную систему координат, по которым располагаются ощущения. Таким образом, условная запись (10), которая не содержит ортов, является неоднозначной и фиксирует сразу все множество индивидуальных восприятий одного и того же материального объекта, объясняя, почему этот объект одному кажется прекрасным, а другому — безобразным. Что касается индивидуального восприятия (представления), то для него можно прибегнуть к сокращенной тензорной форме записи:

$$\mathbf{J} = J^k \mathbf{e}_k, \qquad (11)$$

в которой фигурируют те же самые первичные информации, что и в (10), но только в контрвариантных координатах их порядковый индекс принято писать сверху; а $\mathbf{e}_k$ — орты индивидуальной координатной системы, в которой индекс K может принимать значения от 1 до m.

Несмотря на отличие индивидуальных представлений, мы все тем не менее опознаем соответствующий им материальный объект, поскольку эта операция (идентификация) происходит посредством (10), которой с учетом (9) соответствует матричная запись:

$$\begin{Vmatrix} J_1 \\ J_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ J_m \end{Vmatrix} = \begin{Vmatrix} R_1 & 0 & \ldots & 0 \\ 0 & R_2 & \ldots & 0 \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ 0 & 0 & \ldots & R_m \end{Vmatrix} \cdot \begin{Vmatrix} M_1 \\ M_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ M_m \end{Vmatrix} \quad \text{или} \quad \begin{cases} J_1 = R_1 M_1 \\ J_2 = R_2 M_2 \\ \cdots\cdots\cdots \\ \cdots\cdots\cdots \\ \cdots\cdots\cdots \\ J_m = R_m M_m \end{cases} \qquad (10а)$$

т. е. попросту система уравнений (9).

Между тем, при целостном восприятии помимо элементарных ощущений, вызванных действием воспринимаемого объекта на тот или иной конкретный чувствительный орган, возникают еще синтетические ощущения вроде удовольствия или ощущения дискомфорта, являющиеся результатом смешения в разных пропорциях элементарных ощущений. В этом общем случае число m первичных информаций J_k может отличаться от числа n материальных свойств объекта M_k, а матрица их преобразований друг в друга становится неквадратной:

$$\begin{Vmatrix} J_1 \\ J_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ J_m \end{Vmatrix} = \begin{Vmatrix} R_{11} R_{12} & \ldots & R_{1n} \\ R_{21} R_{22} & \ldots & R_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots \\ \cdots & \cdots & \cdots \\ \cdots & \cdots & \cdots \\ R_{m1} R_{m2} & \ldots & R_{mn} \end{Vmatrix} \cdot \begin{Vmatrix} M_1 \\ M_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ M_n \end{Vmatrix} \cdot \qquad (10б)$$

С позиций излагаемого информационного подхода к системологии все правила преобразования установившихся представлений и образования понятий, т. е. вся формальная метафизическая логика (интеллект), исчерпываются правилами матричной алгебры или правилами тензорного исчисления, если пользоваться записью в форме (11) с учетом (9):

$$\mathbf{J} = R^{\alpha\beta} M^{\beta} \mathbf{1}^{\alpha}, \qquad (11а)$$

где индексы α проходят все значения от 1 до m, а индексы β — все значения от 1 до n. Не станем развивать эту мысль, отметим только, что запись типа (10б) соответствует в естественном языке системе суждений типа: «Яблоко есть нечто круглое, розовое, вкусное, ароматное и т. д.», причем яблоко как целое символизируется вектором **J**, а все его свойства — скалярами J_k.

Сущность и содержание. Одной из логических операций является переход от уже свободного от индивидуальных признаков обобщенного представления к понятию, т. е. к сущности H' определенного класса явлений. Поскольку представление — вектор, а понятие — скаляр, то с математической точки зрения процесс осознания сущности сводится к такому преобразованию координат вектора обобщенного представления, при котором он окажется расположенным на одной из новых осей так, что его проекции на все другие оси станут равны нулю. Иными словами, осознание сути означает приведение вектора **J**, заданного в многомерном пространстве первичных информаций J_k, к одномерному пространству сущности H', которая при этом равна модулю вектора **J**:

$$H' = \sqrt{J_1^2 + J_2^2 + \ldots + J_m^2 + 2J_1J_2 \cos \varphi_{12} + 2J_1J_3 \cos \varphi_{13} + \ldots} \quad (12)$$

Поскольку в (12) непосредственно измеримы только J_k, а углы между ними φ_{ik} субъективны и не поддаются измерению, то это соотношение пригодно лишь для формализованного описания логики осознания, но не для вычисления сущности восприятия или представления. Установление же количественной связи между первичной информацией и сущностью удобнее произвести не на уровне сущности H' представления как целого, а на уровне составляющей часть H' сущности H каждой первичной информации. Действительно, с точки зрения последовательного материализма, как уже отмечалось, между материей M и ее сущностью H, которая тоже есть вещь для нас, должна существовать пропорциональная зависимость

$$M = nH + \text{const}, \quad (13)$$

где n — информационная емкость (память) системы отражения. Например, если (13) соответствует суждению: «Сущность цвета — в электромагнитных колебаниях определенной длины волны», то с точностью до цвета согласно (6) и (9) $M = 7$ бит, а H определится равновероятным выбором из 7 длин волн, соответствующих 7 основным цветам $H = \log 7 = 2{,}8$ бит, откуда $n = 2{,}5$.

Таким образом, информационная емкость n, которая в формальной логике именуется обычно объемом понятия, численно равна количеству (доле) элементарных материальных носителей, использованных для формирования одного бита сущности H. С другой стороны, определяя сущность H

как содержание C материи в расчете на один дискретный носитель, т. е. на 1 бит материи, имеем:

$$C = MH. \quad (14)$$

Соотношение (14) служит для вычисления собственного содержания C системы через сущность ее носителей. Так, например, содержание всего светового спектра согласно (14) составляет $C = 19{,}6$ бит², где $H = 2{,}8$ бит, а $M = 7$ бит, поскольку полная совокупность основных цветов содержит 7 носителей, из чего ясно также, что содержание имеет размерность квадратных бит, т. е. размерность квадрата информации (материи). Отметим еще, что с учетом (14) можно переписать (13) в форме $n = M^2/C$, что, как и (13), представляет собой известный в логике закон обратной пропорциональности объема понятия n и его содержания C, но в отличие от (13) сформулированный применительно к группе однородных понятий. Вообще, различие между (13) и (14) такое же, как между суждениями: «Мышь — млекопитающее» и «Мыши (все или несколько) — млекопитающие», поскольку содержание мышей (14) числом M штук ровно в M раз больше содержания одной мыши (13).

Точно так же, если суть шарикоподшипника в том, что он в пределах допуска на изготовление Δr представляет собой сферу радиуса r, т. е. согласно (6) $H = \log(r/\Delta r)$, а обработанная материя определяется величиной сферической поверхности: $M = 4\pi r^2/\Delta S$, где $\Delta S = \Delta(4\pi r^2) = 8\pi r \Delta r$, то содержание его изготовления согласно (14) составляет: $C = MH = (0{,}5r/\Delta r) \log(r/\Delta r)$, т. е. тем больше, чем больше радиус шарика и чем выше точность его изготовления.

Логика. Соотношения типа (4), (13) и (14), как было показано, представляют собой суждения относительно сути тех или иных вещей или понятий. Совокупность таких суждений образует систему уравнений, решение которой представляет собой умозаключение. Например, если два суждения: «Мышь (x) — млекопитающее (y)» и «Млекопитающее (y) — живородяще (z)» рассматривать как систему уравнений $x = ay$ и $y = bz$, то, исключив из них y, получим умозаключение $x = abz = cz$, т. е. «Мышь (x) — живородяща (z)», где a, b, c — константы, соответствующие информационным емкостям (объемам понятий).

Поскольку под логикой понимается обычно совокупность правил, посредством которых исходные суждения преобразуются к умозаключению, то в пределах информационной трактовки правила формальной логики сводятся к обычной алгебре, алгебре матриц или определителей — в зависимости от того, в какой форме представлена система исходных суждений (4). Например, система суждений о семье, состоящей из отца (H_1), матери (H_2), сына (H_3) и дочери (H_4), типа: «Отец — мужчина (H_{11}), родитель сына (H_{13}), родитель дочери (H_{14}), муж матери (H_{12})»; «Мать — женщина (H_{22}), родительница сына (H_{23}), родительница дочери (H_{24}), жена отца (H_{21})»; «Сын — мальчик (H_{33}), ребенок отца (H_{31}), ребенок матери (H_{32}), брат дочери (H_{34})»; «Дочь — девочка (H_{44}), ребенок отца (H_{41}), ребенок матери (H_{42}), сестра сына (H_{43})» сводится к системе уравнений:

$$\left.\begin{aligned} H_1 &= H_{11} + H_{12} + H_{13} + H_{14};\\ H_2 &= H_{21} + H_{22} + H_{23} + H_{24};\\ H_3 &= H_{31} + H_{32} + H_{33} + H_{34};\\ H_4 &= H_{41} + H_{42} + H_{43} + H_{44}, \end{aligned}\right\} \qquad (15)$$

в которых системная (т. е. семейная) суть каждого из этих лиц имеет один индекс, собственная суть — два одинаковых индекса, а взаимная суть имеет два индекса, указывающих на тех лиц, семейные отношения которых она отражает, причем подразумевается, что $H_{ik} \neq H_{ki}$. С учетом (13) из (15) следует:

$$\left.\begin{aligned} H_1 &= J_1/n_{11} + J_2/n_{12} + J_3/n_{13} + J_4/n_{14};\\ H_2 &= J_1/n_{21} + J_2/n_{22} + J_3/n_{23} + J_4/n_{24};\\ H_3 &= J_1/n_{31} + J_2/n_{32} + J_3/n_{33} + J_4/n_{34};\\ H_4 &= J_1/n_{41} + J_2/n_{42} + J_3/n_{43} + J_4/n_{44}, \end{aligned}\right\} \qquad (16)$$

где информационные емкости с одинаковыми индексами называются собственными, а емкости с разными индексами — взаимными емкостями, причем $n_{ik} = n_{ki}$.

Система (16) в отличие от (15) уже иллюстрирует понятия членов семьи на конкретном примере и сводится к суждениям типа: «Отец (H_1) это, например, Иван Петров (J_1), женой которого является Мария Петрова (J_2), а детьми — Юрий (J_3) и Ольга (J_4) Петровы» и т. д. Подчеркнем, что в системе (16) фигурирует не материя M, а информация J, поскольку математические операции мы производим не над реальными людьми, а над их отражениями в нашем сознании, т. е. над информациями. Умножив каждое из уравнений (15) или (16) на информацию, имеющую тот же индекс, что и системная суть, с учетом (14) получим:

$$\left.\begin{aligned} C_1 &= C_{11} + C_{12} + C_{13} + C_{14};\\ C_2 &= C_{21} + C_{22} + C_{23} + C_{24};\\ C_3 &= C_{31} + C_{32} + C_{33} + C_{34};\\ C_4 &= C_{41} + C_{42} + C_{43} + C_{44}, \end{aligned}\right\} \qquad (17)$$

где системное содержание членов семьи имеет один индекс, собственное содержание — два одинаковых индекса, а взаимное содержание — два разных индекса, причем эта форма соответствует суждениям типа: «Содержание (C_1) И. Петрова (J_1) как отца (H_1) слагается из его содержания (C_{11}) как мужчины (H_{11}), содержания (C_{12}) его взаимоотношений с М. Петровой (J_2), содержания (C_{13}) его взаимоотношений с Юрием (J_3) и содержания (C_{14}) его взаимоотношений с Ольгой (J_4)» и т. д. Достоинство (17) состоит в том, что в отличие от (15) в этой системе $C_{ik} = C_{ki}$, поскольку содержание взаимоотношений например, мужа и жены (C_{12}) такое же, как содержание взаимоотношений жены и мужа (C_{21}).

Понятно, что система уравнений (16) может быть разрешена относительно информаций J_1, J_2, J_3, J_4, что будет соответствовать умозаключениям типа: «Иван Петров (J_1) — такой-то (хороший, средний, плохой и т. п.) отец (H_1), определенным образом взаимодействующий с матерью (H_2) в деле воспитания детей (H_3 и H_4)», и т. д.:

$$\left.\begin{aligned} J_1 &= n'_{11}H_1 + n'_{12}H_2 + n'_{13}H_3 + n'_{14}H_4;\\ J_2 &= n'_{21}H_1 + n'_{22}H_2 + n'_{23}H_3 + n'_{24}H_4;\\ J_3 &= n'_{31}H_1 + n'_{32}H_2 + n'_{33}H_3 + n'_{34}H_4;\\ J_4 &= n'_{41}H_1 + n'_{42}H_2 + n'_{43}H_3 + n'_{44}H_4. \end{aligned}\right\} \qquad (18)$$

Известно, что, например, система (18) может быть получена из (16) только, если определитель системы уравнений отличен от нуля, если же он равен нулю, то либо система несовместна, либо некоторые ее уравнения представляют линейные комбинации из остальных уравнений и т. д. Совокупность подобных математических правил и представляет собственно логику. Конечно, речь здесь идет лишь о логике застывших, неизменных понятий и отношений, которую уместно назвать метафизической логикой, но именно она исторически монополизировала термин «формальная логика», не оставив в логике места для формальной диалектики, которой мы коснемся в дальнейшем изложении.

§ 2. Управление в условиях старения информации

Поскольку управление в общем случае подразумевает изменение условий среды или параметров системы, то, оговорив в предыдущем разделе неизменность ситуации, мы свели управление к получению и анализу информации. Между тем, в реальных условиях эволюции материи информация о ней неизбежно стареет, что делает необходимой соответствующую коррекцию управления.

Время усвоения. Для понимания информации, т. е. для ее узнавания, усвоения, идентификации, требуется некоторое время. Например, иностранцу, изучающему произношение букв русского алфавита, при предъявлении ему той или иной буквы приходится обращаться к пособию, в котором даны соответствующие транскрипции, и производить сравнение предъявленной буквы с 32 имеющимися в пособии. При этом в самом счастливом случае, когда он сразу найдет нужную букву, потребуется всего одно сравнение, а в самом неудачном случае — 32 сравнения. Если предъявляемые буквы равновероятны, то в среднем ему придется производить 16,5 сравнений, что займет у него некоторое время τ. Вот это среднее время, необходимое для опознания буквы и, с одной стороны, ограничивающее скорость работы, а с другой стороны, создающее запаздывание, так что поступившая информация успевает устареть на τ, мы будем называть информационным сопротивлением системы.

Информационное сопротивление обратно пропускной способности системы, т. е. предельной скорости восприятия информации, на какую только способна система.

В большинстве случаев (линейные системы) информационное сопротивление τ не зависит от средней скорости поступления информации I (информационного тока), однако в некоторых условиях, например в экстремальных ситуациях у человека, время понимания может быть функцией тока. В линейных информационных цепях (системах) вероятность p того, что реальный период T поступления информации меньше среднего времени понимания t_n подчиняется закону $p = e^{-I\tau \ln 2} = 2^{-I\tau}$, или с учетом (3):

$$H = I\tau. \tag{19}$$

Соотношение (19), подобное закону Ома для электрических цепей, представляет собой информационный закон Ома, где $I = dJ/dt = 1/T_{\text{ср}}$ ($T_{\text{ср}}$ — средний период поступления информации, а I имеет размерность бит/с). Оно, с одной стороны, характеризует производительность труда, связанного с пониманием информации, поскольку с учетом (14)

$$IH = HdJ/dt = dC/dt = N, \tag{20}$$

где N — информационная мощь (производительность интеллектуального труда) системы.

Из (20) с учетом (19) следует также

$$N = I^2\tau = H^2/\tau. \tag{21}$$

С другой стороны, (19) описывает суть происходящих в той или иной системе изменений и соответствует суждениям

типа: «Суть (H) происходящих с Ивановым (J) изменений состоит в том, что он учится на инженера», причем τ — время обучения в институте (т. е. время понимания Ивановым инженерной премудрости), а $I = dJ/dt$ — количество информации по специальности, усваиваемой Ивановым в единицу времени.

Суждения типа (19) дополняют суждения типа (13), которые констатируют настоящее той или иной информации, предсказанием ее будущей сути на фоне происходящих изменений, так что вместо (13) более точно:

$$H = J/n + I\tau = H_{\text{п}} + H_{\tau}. \tag{22}$$

Суждение (22) означает, например, что Иванов (J) в настоящее время имеет диплом техника ($H_{\text{п}}$) и учится (I) на инженера (H_{τ}). Это суждение представляет собой дифференциальное уравнение, так как в него следует подставить либо $I = dJ/dt$, либо $J = \int Idt$, причем в первом случае оно сформулировано в настоящем времени и означает применительно к Иванову, что он уже чем-то является и продолжает учиться, а во втором случае оно сформулировано в прошедшем времени, т. е. что он уже проучился какое-то время в прошлом и продолжает учиться сейчас.

Историческая логика. В развернутом виде подобно (16) набор такого рода суждений составит систему дифференциальных (интегральных) уравнений первого порядка, совместное решение которых представляет соответствующее умозаключение, а правила ее преобразования представляют соответствующую логику. При этом поскольку суждения (22) касаются не только настоящего, но и прошлого предмета суждения, в такой логике присутствует элемент исторического подхода, требуемого диалектикой. Вместе с тем, это еще не диалектическая логика в полном смысле слова, поскольку в ней отсутствует элемент прогнозирования будущего, который будет введен в следующем разделе. Пока же, не выписывая целиком громоздкую систему уравнений, подобную (16), для какого-либо примера умозаключения, приведем образец одного из уравнений такой системы, которое соответствует суждению: «Суть (H_1) Иванова (J_1) в том, что он в настоящее время холост (n_{11}), но собирается (I_1) жениться (т. е. женится через промежуток времени τ_1) на Петровой (J_2), которая сейчас является его невестой (n_{12}), но собирается (I_2), стать его женой»:

$$H_1 = J_1/n_{11} + I_1\tau_1 + J_2/n_{12} + I_2\tau_2. \tag{23}$$

В данном суждении очевидно, что $\tau_2 = \tau_1$, поскольку женитьба Иванова и замужество Петровой по времени должны совпасть, однако, если изменить конец фразы, например на «готовится стать матерью его ребенка», то скорее всего τ_1 должно быть несколько меньше τ_2, хотя возможны и иные отношения между ними.

Вместе с аналогичным суждением о сути (H_2) Петровой (J_2) соотношение (23) составит систему двух дифференциальных уравнений первого порядка, решение которой дает в явном виде зависимость J_1 и J_2 от времени, т. е. представляет собой умозаключение о жизненном пути (биографии) действующих лиц на определенном отрезке времени. Примеры некоторых решений информационных уравнений можно найти во второй главе, здесь же мы ограничимся этими замечаниями и перейдем к прогностической логике.

Прежде, однако, пользуясь изложенными соображениями, вернемся к вопросу о целостности системы. Нетрудно заключить, что та оценка, которая в п. 1 была проделана для статики системы, теперь может быть дополнена оценкой ее кинетической целостности:

$$\alpha(I) = -H_{\tau в}/H_\tau, \quad (5а)$$

где H_τ и $H_{\tau в}$ — соответственно собственная и взаимная сущности установившегося движения системы, т. е. сущности соответствующих информационных токов. Обращаясь к примеру с журнальными статьями, можно констатировать, что если журнал ежегодно печатает 100 статей из 200 поступивших, то согласно (19): $\tau = 0{,}01$ года, а системная сущность информационного тока $I = 200$ бит/год составляет $H_с = I\tau = 2$ бит. Если при этом на каждую из тематик приходится по 50 статей в год, то системная сущность каждой из тематик составит $0{,}25 H_с = 0{,}5$ бит.

Поскольку фактически журнал печатает по каждой из тематик соответственно 40, 30, 20 и 10 статей в год, то $\tau_1 = 0{,}025$ года, $\tau_2 = 0{,}033$ года, $\tau_3 = 0{,}05$ года и $\tau_4 = 0{,}1$ года при одинаковых токах $I_k = 50$ бит/год, чему соответствует $H_1 = 50 \cdot 0{,}025 = 1{,}25$ бит; $H_2 = 1{,}67$ бит; $H_3 = 2{,}5$ бит и $H_4 = 5$ бит. Таким образом, согласно (5а) кинетическая целостность отдельных тематик составляет: $\alpha_1 = 0{,}75/1{,}25 = 0{,}6$; $\alpha_2 = 0{,}7$; $\alpha_3 = 0{,}8$; $\alpha_4 = 0{,}9$, а кинетическая целостность всего журнала: $\alpha = (\Sigma H_k - H_с)/\Sigma H_k = 0{,}808$.

Нетрудно заключить, что кинетическая целостность журнала значительно превышает его статическую целостность $\alpha(J) = -0{,}09$ и делает систему устойчивой в целом, несмотря на отрицательную статическую целостность отдельных тематик, которые и сохраняются в журнале только благодаря большому запасу положительной кинетической целостности.

Отметим в заключение, что результирующая оценка, учитывающая как статическую, так и кинетическую целостность системы, определяется соотношением

$$\alpha(J,\ I) = -\frac{H_{п в} + H_{\tau в}}{H_п + H_\tau}. \quad (5б)$$

§ 3. Управление в произвольных ситуациях

Ригидность. Как отмечалось, диалектика требует не только рассмотрения всякого явления в его становлении и развитии, т. е. не только историчности, но и прогностичности суждения, т. е. рассмотрения явления в его возможном дальнейшем развитии в будущем. Так, характеризуя того или иного человека, мы должны не только констатировать, что он, к примеру, является техником ($H_п$) и учится ($I = dJ/dt$) на инженера, но и оценить его намерения (dI/dt) продолжать или прекратить свое образование, т. е. оценить вероятность того, что он не прекратит обучение в ближайшем будущем. Способность человека сохранять верность своим целям, т. е. способность эволюционировать с постоянной скоростью, несмотря на возникающие помехи, именуют ригидностью. Это качество далеко неоднозначно и может выполнять как положительную роль, например в борьбе с помехами, так и отрицательную роль, например, препятствуя быстрой перестройке на иные цели, нежели те, которым была посвящена предшествующая деятельность. В первом случае применительно к человеку ригидность часто называют стойкостью, целеустремленностью, а во втором случае — косностью, догматизмом. Поскольку эти термины несут отпечаток субъективного отношения и применяются только к людям, далее будем пользоваться только нейтральными терминами «ригидность» и «индуктивность», трактуя их как синонимы и обозначая L.

Вновь возвращаясь к ранее рассмотренному примеру, в котором иностранец должен был идентифицировать русские буквы, представим себе, что он впервые приступает к этой работе и должен для достижения предельного для себя темпа предъявления букв $1/\tau$ прежде выработать определенные навыки.

Понятно, что по мере выработки навыков предельный темп предъявления букв будет все время возрастать от нуля до $1/\tau$ в конце. Если принять, что выработка навыков происходит с постоянной скоростью и занимает время Δt, то предельное для данного индивида ускорение темпа предъявления букв составит $1/(\tau\Delta t) = 1/t_у^2$. Величина, обратная этому предельному ускорению, и есть индуктивность L, которая, очевидно, имеет размерность квадрата времени. Более точно

$L = t_у^2$, поскольку в линейных цепях вероятность p того, что реальное ускорение dI/dt процесса меньше предельного, подчиняется закону $p = \exp(-L\ln 2dI/dt) = 2^{-LdI/dt}$, откуда согласно (3)

$$H_L = LdI/dt. \qquad (24)$$

Соотношение (24) относится к суждениям типа: «Способность Иванова проявлять настойчивость H_L (волю) в условиях помех dI/dt составляет L». Применительно к техническим системам (24) характеризует инерционность механического или электрического происхождения, а применительно к человеку — его волевые качества, так что H_L — есть логарифм вероятности того, что целенаправленная система сохранит движение к цели, а человек преодолеет препятствия на своем пути. В форме (24) речь идет лишь о намерениях, желаниях, воле к чему-либо без непременной актуализации этих намерений, зато сочетание (24) и (19) констатирует не только намерение, но и движение к цели:

$$H = H_\tau + H_L = I\tau + LdI/dt. \qquad (25)$$

Но, конечно, наиболее полное, даже исчерпывающее суждение, присущее диалектической логике, возможно лишь с учетом настоящего, прошлого и вероятного будущего исследуемого объекта, т. е. с учетом (13), (19) и (24):

$$H = H_п + H_\tau + H_L = \frac{1}{n}\int Idt + I\tau + LdI/dt. \qquad (26)$$

Форма (26) присуща, в частности, характеристикам, которые даются администрацией и общественными организациями тому или иному своему работнику, претендующему на повышение в должности. В них сначала приводятся биографические данные (прошлое $H_п$) работника, затем характеризуется исполняемая в данный момент работа (настоящее H_τ) и, наконец, оценивается его способность исполнять будущую работу H_L. Суждение (26) позволяет сделать ряд умозаключений на основе изучения и решения этого дифференциального уравнения, т. е. сводит формализм диалектической логики к математическим операциям.

В частности, как известно, динамическая система, описываемая линейным дифференциальным уравнением второго порядка (26), склонна к колебаниям информационного тока, т. е. к колебаниям в своем движении к цели, в тем большей степени, чем меньше τ и n и чем больше L; при $L = 0$ (22) в случае внезапного исчезновения непосредственного стимула система начинает отрабатывать назад, т. е. удаляться от цели стимулирования; в том же случае, но при $n = 0$ (25) система постепенно перестает двигаться к цели, но не воз-

вращается к исходному состоянию; при $n = \infty$ и $\tau = 0$ (24) система самостоятельно продолжает работу в том же темпе, какой был в момент исчезновения стимула, и т. д. Все эти умозаключения делаются посредством математического аппарата и демонстрируют тот факт, что математика, по существу, представляет собой формализованную на информационной основе диалектическую логику.

Отметим, что точно так же, как мы представляли системную емкостную суть $H_п$ более подробно в виде суммы собственной и взаимных емкостных сущностей, а системную активную (кинетическую) суть H_τ — в виде суммы собственной и взаимных активных сущностей, может быть представлена и системная индуктивная сущность H_L

$$H_L = H_с + H_в = L_с dI/dt + L_в dI'/dt, \qquad (27)$$

где I — собственный ток элемента системы; I' — приведенный ток всех других элементов системы, индуктивно связанных с рассматриваемым элементом.

Если $L_с$ характеризует собственные качества элемента системы (например человека), рассматриваемого вне связи с другими элементами, то $L_в$ характеризует такие качества элемента, как способность к совместной работе (совместимость) с другими элементами, уживчивость, способность считаться с чужим мнением или поведением (или противостоять им) и т. п., т. е. относится к суждениям типа: «Подходящий (неподходящий) элемент».

Ввиду вышеизложенного и с учетом того, что в общем случае n, τ и L могут быть функциями тока, система уравнений (26) представляет собой универсальную диалектическую модель бытия, пригодную для исчерпывающего описания логики систем с сосредоточенными параметрами любого происхождения и структуры, исследование которой исчерпывается формальным математическим аппаратом. Так, например, логика экономической системы с позиций информационного подхода должна описываться системой развернутых уравнений типа (26) в виде:

$$\begin{aligned} H_1 = {} & J_1/n_{11} + \ldots + J_m/n_{1m} + I_1\tau_{11} + \ldots + I_m\tau_{1m} + \\ & + L_{11}dI_1/dt + \ldots + L_{1m}dI_m/dt; \\ & \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ H_m = {} & J_1/n_{m1} + \ldots + J_m/n_{mm} + I_1\tau_{m1} + \ldots + I_m\tau_{mm} + \\ & + L_{m1}dI_1/dt + \ldots + L_{mm}dI_m/dt, \end{aligned}$$

где H_k — относительная цена (в битах) единицы продукта $J_k = \int I_k dt$; I_k — выпуск в битах (т. е. в штуках) продукта J_k

в единицу времени; n_{ik} — емкость рынка для i-го продукта при наличии k-го продукта; τ_{ik} — время производства одной штуки i-го продукта при условии параллельного выпуска k-го продукта и при максимальной производительности труда; наконец, L_{ik} — взаимозаменяемость (взаимообусловленность) i-го и k-го продуктов; L_{kk} — влияние привычек (инерции) потребителей на сбыт k-го продукта.

Решение такой системы позволяет грамотно спланировать динамику выпуска продукции $I_k = f_k(t)$ для любой предписанной программы изменения цен $H_k = \varphi_k(t)$, а ее анализ позволяет определить устойчивость экономики, совместность и избыточность тех или иных продуктов и т. п.

Диалектическая целостность. С позиций изложенного можно говорить о динамической целостности системы $\alpha(dI/dt)$, определяемой влиянием ускорения dI/dt (замедления) эволюции каждой из ее частей на эволюцию системы как целого. При этом взаимная суть системы может определяться как взаимной индуктивностью частей, так и схемным взаимодействием их собственных индуктивностей. Как бы то ни было, динамическая целостность при всех обстоятельствах определится соотношением

$$\alpha(dI/dt) = -H_{L\text{в}}/H_L. \qquad (5\text{в})$$

Продолжая рассмотрение примера с журнальными статьями, можно на этом основании заключить, что если пропускная способность журнала выросла за год от 90 до 100 статей в год, а пропускные способности отдельных тематик изменились за то же время соответственно от 30 до 40, от 25 до 30, от 18 до 20 и от 17 до 10 статей в год, то согласно (24) индуктивности (ригидность) журнала и отдельных тематик составят:

$$L_c = 0{,}1 \text{ год}^2; \quad L_1 = 0{,}1 \text{ год}^2; \quad L_2 = 0{,}2 \text{ год}^2;$$

$$L_3 = 0{,}5 \text{ год}^2; \quad L_4 = -0{,}143 \text{ год}^2.$$

Если при этом поток статей, поступающих в журнал, изменился за год от 150 до 200 в год, а по отдельным тематикам соответственно от 35 до 50, от 35 до 50, от 40 до 50 и от 40 до 50 статей в год, то согласно (24)

$$H_c = 0{,}1 \cdot 50 = 5 \text{ бит}; \quad H_1 = 1{,}5 \text{ бит}; \quad H_2 = 3 \text{ бит};$$

$$H_3 = 5 \text{ бит}; \quad H_4 = -1{,}43 \text{ бит}.$$

Поскольку на каждую из тематик априорно приходится по $0{,}25 H_c = 1{,}25$ бит, то согласно (5в) динамическая целостность отдельных тематик составит:

$$\alpha_1 = (1{,}5 - 1{,}25)/1{,}5 = 0{,}167; \quad \alpha_2 = 0{,}583;$$

$$\alpha_3 = 0{,}75; \quad \alpha_4 = 1{,}87,$$

а целостность всего журнала $\alpha(dI/dt) = 0{,}368$.

Динамическая целостность сама по себе характеризует лишь частное явление, одну сторону процесса. Полностью и всесторонне диалектический переход количества частей в новое качество целого характеризует только диалектическая целостность системы, включающая все вышерассмотренные частные оценки:

$$\alpha(J,\ I,\ dI/dt) = -\frac{H_{\text{п в}} + H_{\tau\text{в}} + H_{L\text{в}}}{H_\text{п} + H_\tau + H_L} = 11{,}64/20{,}49 = 0{,}568, \quad (5\text{г})$$

где

$$H_\text{п} = -\sum_k p_k \log p_{\text{п}k} = J/n, \quad H_\tau = -\sum_k p_k \log \frac{p_k - p_{\text{п}k}}{p_{\text{п}k}} = I\tau;$$

$$H_L = -\sum_k p_k \log \frac{p_k}{p_k - p_{\text{п}k}} = L\,dI/dt;$$

p_k — вероятность k-го состояния с учетом динамики системы; $p_{\text{п}k}$ — вероятность того же состояния в установившемся режиме (в статике).

Из этих выражений следует, что если сущность системы в статике ($H_\text{п}$) всегда положительна, а статическая целостность не превышает единицы, то кинетическая (H_τ) и динамическая (H_L) сущности могут быть как положительны, так и отрицательны, а соответственные оценки целостности могут быть как меньше единицы, так и больше ее, что как раз имело место в последнем примере ($\alpha_4 > 1$). Таким образом, системы любой природы (включая социальные) тем совершеннее и устойчивее, чем больше их целостность. Отрицательно целостные (парадоксальные) системы неустойчивы и тяготеют к распаду. Наконец, ускоренно развивающиеся системы потенциально обладают большей целостностью и устойчивостью, нежели системы, застывшие в своем развитии.

Управление. Понятно, что объектом управления могут быть лишь системы, имеющие более одного состояния, причем одно (или несколько) из этих состояний, отвечающее оптимуму существования управляющей системы, выступает как цель управления.

В зависимости от условий, в которых осуществляется управление, цель может быть достигнута с вероятностью $p_\text{ц}$, в общем случае меньшей единицы, и соответствующее желаемой цели состояние системы даже вследствие управления все же имеет некоторую неопределенность, оцениваемую энтропией (сутью) (1), (2): $H_ц = -\sum_k p_{цk} \log p_{цk}$. Если до управления система характеризовалась сутью $H_0 = -\sum_k p_{0k} \log p_{0k}$, где p_{0k} — вероятность состояний системы до управления ими, то сущность управления составляет $\Delta H = H_0 - H_ц$, причем согласно (26) только часть сути управления отражает его результат (статика системы), в то время как другая часть связана с процессом установления нужного результата (динамикой системы).

Сущность H системы и есть тот функционал ее существования, который подлежит оптимизации в процессе управления. Поскольку однако сущность связана с образованием понятия, то управление на таком уровне присуще лишь системам, обладающим сознанием или имитирующим его (искусственный интеллект), примитивные организмы и обычные технические системы способны лишь к управлению на уровне оптимизации ощущений (чувственной информации J), либо на уровне оптимизации восприятий и представлений **J**, что характерно, например, для художественного творчества.

Глава вторая

ТЕОРИЯ ИНФОРМАЦИОННОГО ПОЛЯ

§ 4. Информостатическое поле. Формализм чувственного отражения

Материальное единство мира. Чтобы подготовить читателя к восприятию идеи информационного поля, необходимо вернуться к азам диалектического материализма, ибо эта идея, как будет видно из дальнейшего, есть не что иное как математизированная диалектика.

С позиций материализма сущность природы составляет материя, т. е. данная нам в ощущениях объективная реальность, которая тем не менее существует независимо от наших ощущений. Это означает, что наши органы чувств, по выражению В. И. Ленина, «копируют» материю, т. е. дают нам информацию, являющуюся копией отражаемой материи. Отсюда вытекает еще одно возможное определение информации как выработанной в процессе отражения копии отражаемой материи. Как всякая копия, информация содержит все существенные для нас черты оригинала, отличаясь от него лишь физической природой носителей. Однако это отличие копии от оригинала существенно лишь для физики, химии или иных специальных наук, на философском же уровне, по мысли В. И. Ленина, между вещью для нас и вещью в себе

нет решительно никакого различия, если, конечно, отражение было адекватным объекту изучения. Тем не менее, поскольку в общем случае отражение не полностью адекватно отражаемому объекту, имеет смысл говорить об информации для нас как результате отражения и об информации в себе как самой материи.

Между этими информациями на философском уровне нет никакого качественного различия, но есть различие количественное, ибо информация в себе $J_с$ в общем случае больше информации для нас $J_н$

$$J_н = R_k J_с = R_k M, \tag{28}$$

где R_k — знакомая по первой главе книги относительная информационная проницаемость среды. Если $R_k = 1$, значит, в данных условиях происходит адекватное отражение, т. е. полное постижение сути явления. Если же $R_k = 0$, значит, в данных условиях чувственное отражение невозможно ввиду непроницаемого барьера между нами и объектом отражения либо из-за повреждения соответствующих органов чувств.

При всем том природа, а стало быть и материя, не ограничены ни пространством, ни временем, и общие количества материи и информации объективно бесконечны. Роль же субъективного фактора в отражении сводится только к выделению из общего количества объективно-реальной материи той его доли, которая представляет для нас интерес на фоне определенной цели. Таким образом, субъективно лишь выделение полезной нам информации из общей массы реальной информации.

Перейдем к важнейшему вопросу — о материальном единстве мира. Всеобщая взаимосвязь и взаимозависимость всех явлений материального мира — факт, не оспариваемый ни материалистами, ни идеалистами. Последние, впрочем, выводят единство мира из единства мысли о нем, а посему мы оставим без обсуждения их концепции как бесперспективные с точки зрения теории информационного поля, базирующейся на объективной реальности законов природы. Материалистическое мировоззрение выводит единство мира из его материальности, т. е. из него самого, не апеллируя ни к каким внешним влияниям. Между тем, механизм всеобщей взаимосвязи и взаимозависимости явлений материального мира, обеспечивающий действие одних и тех же законов природы во все моменты времени и в любой точке пространства, может быть двояким. Это либо основанное на дальнодействии непосредственное влияние разделенных в пространстве и во времени объектов материального мира через «пустоту», от чего физика была вынуждена в конце концов отказаться применительно к объяснениям физического взаимодействия; либо основанное на близкодействии взаимодействие объектов посредством заполняющего пространство между ними поля той или иной природы, к которым сводятся современные физические представления.

Было бы естественным объяснить механизм всеобщей взаимосвязи явлений действием этих полей, однако, к сожалению, ни электромагнитные, ни гравитационное физические поля, ни оба они вместе не в состоянии объяснить связь явлений во всем их многообразии. Более того, на данном этапе не удалось даже законы одного из этих полей вывести из законов другого поля.

Но физика не демонстрирует и того, что все тела состоят из одной и той же материи, хотя и значительно приблизилась к этому, показав, что в основе всего лежит ограниченный набор элементарных частиц. Это под силу только философии, которая, опираясь на универсальную материю, утверждает общность происхождения объектов природы. Следовательно, и механизм всеобщей взаимосвязи и взаимозависимости явлений может объяснить лишь философия путем обобщения физических полей до такой же степени универсальности, как и материя. При этом обобщении у материи остается лишь одно свойство — быть объективной реальностью, как и у универсального поля, которое будем именовать информационным полем. Это поле создается всей совокупностью окружающих нас предметов и явлений, которые выступают либо как источники поля, либо как источники его возмущения.

В первой части книги отмечалось, что информация может быть как положительной, так и отрицательной. Поскольку же она выступает как мера количества материи, то и последняя должна иметь разные знаки. Действительно, из физики известно, что существуют частицы и античастицы, материя и антиматерия. При объединении материи и антиматерии и, соответственно, при объединении положительной и отрицательной информаций происходит кажущееся исчезновение материи и информации. На самом же деле антиподы не исчезают, а просто образуют диалектически единое целое, в котором составляющие его части утратили свою самостоятельность (знаки), так что целое не проявляет себя ни как материя, ни как антиматерия, но только как информационное поле (пространство — время). Последнее же отражает то новое качество, которое присуще лишь целому и которым не обладают его части. Эти качественно новые свойства позволяют полю служить посредником при взаимодействии материальных образований, проводником этого взаимодействия, какова бы ни была его природа.

Как мы знаем, взаимодействие в материальном мире может быть весьма разнообразным, однако его удобно подразделить на две основные формы: энергетическое (силовое) взаимодействие и все остальные виды взаимодействий, включая биологическое, экологическое и т. д. Перечисленные неэнергетические взаимодействия не имеют объединяющего их названия, но поскольку все они содержат в своих названиях слово «логос», для краткости в дальнейшем будем называть такого рода взаимодействие логическим, противопоставляя его энергетическому взаимодействию. Однако, говоря о логическом взаимодействии материи, будем иметь в виду объективную реальность этого взаимодействия в отличие от субъективной человеческой логики. Что же касается последней, то она есть лишь отражение в нашем сознании объективной диалектики природы. При этом логические связи, действующие между отдельными объектами и явлениями природы, носят объективный характер и могут существовать (но не проявляться) и в отсутствие тех или иных объектов. Мы можем считать, например, что хищник представляет опасность независимо от того, есть ли вблизи него объекты его вожделений, а осиновая роща является благоприятным местом для подосиновиков независимо от наличия в ней грибов. Конечно, обнаружить опасность, исходящую от хищника, по отношению к животному, служащему для него пищей, можно лишь при наличии этого животного, а судить о благоприятности осиновой рощи для роста подосиновиков можно лишь по скоплению этих грибов, однако их отсутствие вовсе не свидетельствует об обратном. Точно так же известная связь между месторождениями алмазов и пиропов (полудрагоценных камней) имеет место и в СССР, где есть алмазы и пиропы, и в Чехословакии, где есть пиропы, но нет алмазов, и в Великобритании, где нет ни того ни другого, поскольку если бы они там были, то непременно сопутствовали бы друг другу.

Таким образом, если в пространстве существуют логические связи, обнаруживающиеся при наличии в нем соответствующих объектов, то следует говорить о существовании в нем информационно-логического поля.

Принимая такую точку зрения, неизбежно приходим к выводу, что объекты и явления природы не только содержат определенную информацию, но и непрерывно испускают в окружающее пространство поле, свидетельствующее об их существовании, независимо от того, есть ли в окрестности объекты, способные это поле воспринимать.

В таком случае должна иметь место теорема Гаусса, являющаяся здесь математическим выражением философского положения о познаваемости мира:

$$J_c = \oint_S \mathbf{O}_c d\mathbf{S}, \tag{29}$$

где $\mathbf{O}_c$ — вектор интенсивности потока существования; интеграл берется по замкнутой поверхности, охватывающей изучаемое явление или объект. Соотношение (29) означает, что всякая информация в себе создает поле существования, суммарный поток которого адекватен этой информации, т. е. материи, служащей источником поля. Иными словами, из теоремы Гаусса в форме (29) следует, что источник поля информации J_c принципиально полностью идентифицируем по реакции тех или иных пробных материальных объектов на излучаемое им поле существования без непосредственного контакта с самим источником.

Интенсивность потока существования O_c, измеряемая в бит/м², как это следует из (29), тем больше, чем ближе пробный объект находится к источнику поля. Она численно равна той доле общей информации в себе, которая взаимодействует с единицей поверхности пробного тела на заданном расстоянии.

С учетом (28) теорему Гаусса можно представить в форме

$$J_и = \oint_S R_k \mathbf{O}_c d\mathbf{S} = \oint_S \mathbf{O}\, d\mathbf{S}, \tag{30}$$

где $\mathbf{O} = R_k \mathbf{O}_c$ — вектор интенсивности отражения.

В отличие от (29), обозначающего объективно реальные процессы, независимые ни от нас, ни от окружающей среды, соотношение (30) описывает процесс чувственного отражения, хоть и столь же реальный, но зависящий как от проницаемости среды, так и от состояния наших органов чувств, включая их приборные технические дополнения. Интенсивность отражения O численно равна той доле информации для нас, т. е. доступной нам информации, которая с нашей точки зрения приходится на единицу поверхности пробного тела. Иными словами, интенсивность отражения — это доступная нам доля интенсивности потока существования, так же как информация для нас является доступной нам долей информации в себе, поскольку

$$\frac{J_и}{J_c} = \frac{O}{O_c} = R_k.$$

При этом доступность подразумевает и субъективный отбор информации, так как мы не воспринимаем не только ту информацию, которая нас не достигает, но и ту, которая

не представляет для нас интереса, хотя в принципе и доступна.

По этой причине при прочих равных условиях различные объекты по-разному реагируют на один и тот же поток существования. Так, заяц и волк, находясь на одинаковых расстояниях от лисы, реагируют на ее присутствие различным образом. Это значит, что несмотря на одинаковую для них интенсивность потока существования лисы, векторы напряженности поля для зайца (E_1) и волка (E_2) неодинаковы. Иными словами, имеет место равенство:

$$\mathbf{O}_c = \frac{\mathbf{E}_1}{R_1} = \frac{\mathbf{E}_2}{R_2} = \frac{\mathbf{E}}{R}, \tag{31}$$

где $R_k R_0 = R$ — информационная проницаемость, отражающая специфику логических связей в данных условиях, а R_0 — абсолютная проницаемость. Под напряженностью поля существования E понимается при этом логическая информация, приходящаяся на единицу площади пробного объекта, т. е. логическая информация отражаемого объекта, которая приходится на единицу поверхности отражающего объекта. Формально соотношение (31) можно получить, дифференцируя по площади соотношение (29), связывающее информацию в чувственной и логической формах,

$$\mathbf{O}_c = \frac{dJ_c}{d\mathbf{S}}; \quad \mathbf{E} = \frac{dK_б}{d\mathbf{S}} = R_0 \frac{dH}{d\mathbf{S}} \tag{32}$$

и

$$K_б = \oint_S \mathbf{E} d\mathbf{S}.$$

Из (29) с учетом (31) имеем

$$J = \oint_S \frac{\mathbf{E}}{R} d\mathbf{S}. \tag{33}$$

В случае точечного объекта, находящегося в изотропной среде, интегрируя по сфере радиусом r, т. е. при $\frac{E}{R} = \mathrm{const}$ из (33) получим

$$E = \frac{RJ}{4\pi r^2}, \tag{34}$$

где r — расстояние от объекта до изучаемой точки пространства. Введя вектор логической связи как градиент содержания, напряженность информационно-логического поля можно истолковать как логическую связь, приходящуюся на единицу информации J_2 пробного объекта, тогда для вектора логической связи $\mathbf{Л}$ найдем

$$\mathbf{Л} = J_2 \mathbf{E}. \tag{35}$$

В случае двух точечных объектов в изотропной среде из (35) с учетом (34) получим для логической связи закон, подобный законам Ньютона и Кулона в силовых полях:

$$\mathbf{Л} = R\frac{J_1J_2}{4\pi r^3}\mathbf{r}, \quad \text{или } Л = R\frac{J_1J_2}{4\pi r^2}. \tag{36}$$

Из (35) следует, что логическая связь пробного объекта с исследуемой информацией J_1 пропорциональна напряженности поля, создаваемой этой информацией в точке расположения пробного объекта, и пропорциональна информации самого объекта.

Закон (36) позволяет экспериментально убедиться в справедливости концепции информационного поля, поскольку применительно к физическим полям он обращается в закон Кулона или Ньютона, подтвержденные экспериментально.

Отметим, что теорема Гаусса в дифференциальной форме приобретает вид

$$\operatorname{div}\mathbf{O}_c = \rho, \text{ или } \operatorname{div}\mathbf{E} = R\rho, \tag{37}$$

где $\rho = dJ/dV$; V — объем пространства, занятого информацией.

В этой форме (37) относится уже не к области внутри поверхности, охватывающей ту или иную информацию, а к каждой точке пространства, где есть определенная плотность информации. В случае, когда информация в данной точке отсутствует,

$$\operatorname{div}\mathbf{E} = 0. \tag{38}$$

Это означает, что те точки, где информация отсутствует, не является источниками поля существования.

Любое распределение информации на фоне наложенных на нее логических связей должно обладать определенным содержанием. При анализе тех или иных ситуаций мы нередко говорим о том, что они имеют больший или меньший смысл с точки зрения определенных целей, обладая большим или меньшим содержанием. Тем самым мы признаем измеримость смысла и содержания ситуации, хотя и не имели до сих пор способа для соответствующих измерений.

Концепция информационного поля позволяет найти количественную оценку смысла и содержания на основе прослеживания путей реализации логических связей.

Рассмотрим конкретный пример. При охоте лисы на кролика, пасущегося на одном месте и не замечающего ее, кажется вполне очевидным, что перемещение лисы по окружности с центром в месте расположения кролика при одинаковых со всех сторон условиях обзора и прочих равных условиях является бессмысленным. Очевидный смысл имеет лишь

приближение лисы к кролику, причем при оговоренных выше условиях безразлично, с какой стороны. Напротив, удаление лисы от кролика явно уменьшает смысловой запас ситуации, и тем в большей степени, чем больше удаление. Разумеется, высказанные соображения справедливы лишь на фоне охотничьей логики голодной лисы. Для сытой лисы любые перемещения относительно кролика одинаково бессмысленны.

Итак, учитывая, что направление приращения смысла противоположно направлению информационного поля, создаваемого кроликом, запишем

$$dC = -\mathbf{Л}d\mathbf{r}, \tag{39}$$

где C — смысл ситуации; $\mathbf{r}$ — радиус-вектор.

Интегрируя (39), получим также:

$$\Delta C = -\int_l \mathbf{Л}d\mathbf{r}, \tag{40}$$

где l — путь интегрирования.

Как уже отмечалось, ΔC не зависит от формы пути интегрирования, а зависит лишь от положения исходной (a) и конечной (b) точек пути, следовательно, (40) можно переписать следующим образом:

$$\Delta C = -\int_a^b \mathbf{Л}d\mathbf{r}. \tag{41}$$

Так, взаимный смысл системы двух точечных источников, обусловленный только их логической связью, выразится при интегрировании (36) в такой форме:

$$C = R\frac{J_1J_2}{4\pi r}. \tag{42}$$

Поскольку смысл ситуации не зависит от формы пути, то поле существования является потенциальным и вместо векторной величины — напряженности поля — можно характеризовать его в каждой точке скалярной функцией — потенциалом поля, который есть смысл, приходящийся на единицу информации.

Из первой части книги мы знаем, что потенциал есть также безызбыточная информация, или энтропия. Разделив обе части соотношения (41) на информацию, с учетом (35) получим

$$H_a - H_b = \frac{\Delta C}{J} = -\int_a^b \mathbf{E}\,d\mathbf{r}, \tag{43}$$

где H_a и H_b — потенциалы информационного поля в точках a и b.

В дифференциальной форме вместо (43) имеем

$$\mathbf{E} = -\operatorname{grad} H. \tag{44}$$

Если, как это принято, принять потенциал бесконечно удаленной точки a равным нулю, то из (43) следует

$$H_b = \int_b^\infty \mathbf{E} dr. \tag{45}$$

При этом информационный потенциал точечного источника информации можно получить интегрированием (34):

$$H = \frac{RJ}{4\pi r}. \tag{46}$$

Поскольку потенциал поля системы точечных источников равен сумме потенциалов каждого из источников, то для системы точечных источников имеем

$$H = \sum_{k=1}^{n} \frac{R_k J_k}{4\pi r_k}. \tag{47}$$

В случае непрерывного распределения информации с плотностью ρ из (47) следует

$$H = \int_V \frac{R\rho}{4\pi r} dV. \tag{48}$$

Здесь интегрирование ведется по всему объему, в котором распределена информация.

Уравнения (37) и (44) в совокупности приводят к уравнению Пуассона применительно к полю существования

$$\Delta H = -R\rho, \tag{49}$$

где в случае декартовой системы координат

$$\Delta \equiv \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}.$$

Уравнение Пуассона позволяет определить потенциал поля по заданному распределению информации в нем, причем решение его должно совпадать с (48).

Для тех участков поля, где отсутствует информация, имеет место уравнение Лапласа

$$\Delta H = 0. \tag{50}$$

Уравнение Пуассона (49) описывает картину поля существования (отражения) в любой точке пространства по заданному распределению информации, а уравнение Лапласа

(50) отражает то же самое для пространства, не содержащего информации, но имеющего отличные от нуля граничные условия. Оба уравнения описывают содержание пространства в каждой его точке, причем здесь содержание должно пониматься буквально как наполнение материей поля. Например, для поля точечного источника (точечная информация) решение (48) уравнения Пуассона приводит к (46), которое означает, что содержание пространства в окрестностях точечной информации (объекта) тем меньше, чем дальше эта окрестность от места расположения материального объекта, служащего источником поля. Для большей конкретности можно представить себе в качестве точечной информации малоразмерную мишень, подлежащую поражению ракетным огнем самолета. Пространство вокруг мишени естественно подразделяется на зоны различной вероятности промаха для находящегося в них самолета, который выступает в этом случае в качестве пробного объекта. Ясно, что чем дальше самолет от мишени, тем больше для него вероятность p промаха и тем меньше потенциал такой точки пространства, поскольку $H = -\log p$. В пределе, соответствующем бесконечному удалению самолета от мишени, вероятность промаха равна единице, а потенциал бесконечно удаленных от мишени областей пространства равен нулю. Напротив, при непосредственном соприкосновении самолета с мишенью промах практически невозможен, поэтому потенциал пространства, примыкающего к источнику поля, приближается к бесконечности, что и констатирует соотношение (46).

В справедливости (46) можно убедиться, сведя его к выражению для электрического или гравитационного потенциала, справедливость которого в нерелятивистском приближении не вызывает сомнений. Так, приняв согласно (6) $J = q/\Delta q$, где q — электрический заряд, из (46) имеем

$$\frac{\Delta q H}{R_0} = \frac{R_k q}{4\pi r},$$

что отличается от потенциала U точечного электрического заряда только константой ε_0. Разделив на нее обе части равенства, получим

$$U = \frac{\Delta q H}{\varepsilon_0 R_0} = \frac{q}{4\pi r \varepsilon_0 \varepsilon_k}$$

при $\varepsilon_k = 1/R_k$.

Уравнение (49) позволяет в линейном приближении исследовать энтропию (суть) любых стационарных пространственных ситуаций, в частности, возникающих в ходе воздушных боев. Допустим, например, что перед пилотом конкретного самолета стоит задача пролететь по заданному маршруту сквозь строй многочисленных вражеских самолетов, которые не изменяют своего взаимного расположения. Если расположению вражеских самолетов отвечает определенная плотность материи (информации) $\rho(x, y, z)$, т. е. в данном случае — число самолетов в единице объема каждой точки пространства, то энтропия (опасность) для пилота в каждой точке пространства описывается решением (49) в форме (48), где $H(x, y, z) = -\log p(x, y, z)$ определяет вероятность поражения самолета, если известно R (эффективность огневых средств противника).

Отмеченный в первой главе детерминистско-статистический дуализм сути (энтропии), которая в уравнениях Пуассона (49) и Лапласа (50) выступает в роли потенциала, позволяет с учетом (1) записать уравнение Лапласа следующим образом

$$p\Delta p = \left(\frac{\partial p}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial p}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial p}{\partial z}\right)^2, \qquad (51)$$

а уравнение Пуассона в форме

$$p\Delta p - \left(\frac{\partial p}{\partial x}\right)^2 - \left(\frac{\partial p}{\partial y}\right)^2 - \left(\frac{\partial p}{\partial z}\right)^2 = R\rho_J \ln 2p^2. \qquad (52)$$

Точно так же может быть преобразовано соотношение (44)

$$\mathbf{E} = \frac{1}{e \ln 2} \operatorname{grad} p. \qquad (53)$$

Уравнения (51) — (53) позволяют вычислять вероятности тех или иных событий в различных точках пространства по соответствующим характеристикам информационного поля, и, наоборот, отыскивать эти характеристики по известным условным вероятностям.

Выражение (52), если положить $p = K\,|\Psi|^2$ (где Ψ — функция интенсивности, а K — произвольная константа), представляет собой обобщенное уравнение Шредингера, из чего следует, что (49) описывает с одинаковым успехом непрерывные и квантовые физические процессы.

Содержание (смысл) и плотность логических связей поля существования. Не останавливаясь на формальном выводе, который можно найти в любом курсе теоретических основ электротехники, запишем по аналогии с уравнением для энергии электрического поля выражение для полного содержания поля существования, т. е. как собственного содержания информаций, так и взаимного их содержания:

$$C = \frac{1}{2}\int_V \rho H\,dV + \frac{1}{2}\int_S \sigma H\,dS = \frac{1}{2R}\int_V E^2\,dV, \qquad (54)$$

где σ — поверхностная плотность информации. Соответственно объемная плотность содержания информационного поля запишется в виде

$$c = \frac{E^2}{2R} = \frac{OE}{2} = \frac{RO^2}{2}. \qquad (55)$$

Выражение (55) описывает содержание единицы объема поля существования в том числе и в отсутствие внутри него какой-либо информации. Но поскольку абсолютно пустое пространство не может обладать никаким содержанием, то это означает, что носитель содержания — информационное поле — есть особая форма материи, заполняющая пространство подобно электрическому или гравитационному полю.

Аналогично можно говорить и об объемной плотности вектора логических связей поля

$$\text{л} = \rho\mathbf{E}. \qquad (56)$$

Формула (56) так же, как и (55), имеет смысл только при условии признания существования специализированной материи информационно-логического поля, несущей в себе логические связи.

Рассмотрим полное содержание системы двух носителей J_1 и J_2. Каждая информация создает поле напряженностью $\mathbf{E}_1$ и $\mathbf{E}_2$. Результирующее поле: $\mathbf{E} = \mathbf{E}_1 + \mathbf{E}_2$. Полное содержание поля согласно (54) равно

$$C = \frac{1}{2R}\int E^2\,dV =$$
$$= \frac{1}{2R}\int E_1^2\,dV + \frac{1}{2R}\int E_2^2\,dV + \frac{1}{2R}\int 2\mathbf{E}_1\mathbf{E}_2\,dV.$$

Здесь $C_1 = \frac{1}{2R}\int E_1^2 dV$ и $C_2 = \frac{1}{2R}\int E_2^2 dV$ — собственное содержание информаций J_1 и J_2, а $C_{12} = \frac{1}{2R}\int 2\mathbf{E}_1\mathbf{E}_2 dV$ — взаимное содержание информаций.

При этом

$$C = C_1 + C_2 + C_{12}. \qquad (57)$$

Несмотря на то, что энтропия существенно положительна, ее градиент E может иметь любой знак. Следовательно, если собственное содержание всегда положительно, то взаимное содержание C_{12} может иметь любой знак. Вместе с тем, поскольку $(\mathbf{E}_1 - \mathbf{E}_2)^2 \geqslant 0$, т. е. $E_1^2 + E_2^2 \geqslant 2\mathbf{E}_1\mathbf{E}_2$, то в соотношении (57) $C_1 + C_2 \geqslant C_{12}$. Иными словами, при всех обстоятельствах содержание системы информаций неотрицательно. Этот результат можно еще уточнить.

Действительно, для системы двух информаций J_1 и J_2:

$$C = J_1 H_1 + J_2 H_2;$$

$$H_1 = H_{11} + H_{12}, \quad H_2 = H_{22} + H_{21},$$

где C — содержание информации; H_{11} и H_{22} — собственная суть информаций; H_{12} и H_{21} — взаимная суть информаций.

В этом случае

$$C = J_1 H_{11} + J_2 H_{22} + J_1 H_{12} + J_2 H_{21}. \qquad (58)$$

Первые два слагаемых (58) есть согласно (57) собственное содержание информаций J_1 и J_2; последующие слагаемые выражают взаимное содержание, которое может иметь любой знак. Это значит, что если система информаций представляет единое целое, т. е. если эти информации взаимозависимы, то содержание системы отлично от собственного содержания составляющих ее информаций на величину $J_1 H_{12} + J_2 H_{21}$, причем с учетом закона сохранения, согласно которому ни информация, ни содержание не могут взяться ниоткуда, изменение содержания системы информаций по сравнению с содержанием отдельно взятых частей можно объяснить только существованием поля, собственное содержание которого привлекается к образованию системы, увеличивая или уменьшая суммарное содержание ее частей. При этом, если содержание системы меньше содержания частей, что обычно бывает, то система представляет устойчивое образование, так как для ее разрушения необходим запас содержания (смысла), равный доле, недостающей системе до суммы частей. Напротив, в случае противоречивых информаций, когда содержание системы больше содержания частей, система неустойчива и готова распасться на составляющие с выделением в пространство (в поле) избыточного содержания.

Как уже отмечалось, уравнение Пуассона позволяет определить энтропию (потенциал) любой точки пространства по заданному распределению информации в этом пространстве и информационной проницаемости каждой его точки. Это, в свою очередь, позволяет посредством $\mathbf{E} = -\operatorname{grad} H$ и формул (55), (56) определить объемную плотность смысла (содержания) каждой точки и объемную плотность вектора логических связей в каждой точке, т. е. получить полное смысловое и логическое описание стационарной ситуации.

Однако, пользуясь соотношением (56), мы опишем только логику взаимоотношений носителей информации между собой и с «пустым» пространством, но не логику поведения среды в пространстве между носителями информации. Здесь речь идет о такой среде, которая составлена из скопления

носителей, пассивно участвующих в формировании той или иной ситуации. Так, толпа людей не только создает трудности ориентировки и перемещения в ней детектива и ускользающего от него преступника, что само собой учитывается значением R_k в уравнении Пуассона, но еще может принимать активное участие в задержании преступника, либо в его укрывательстве. Это означает, что среда может не только влиять на величину вектора логических связей, но изменять и саму логику поведения взаимодействующих в ней носителей информации.

Рассматривая вариацию смысла ситуации при виртуальном перемещении находящихся в поле носителей, можно получить для объемной плотности вектора логических связей среды следующее выражение:

$$\text{л}_\text{с} = 0{,}5\left[O^2 \operatorname{grad} R - \operatorname{grad}\left(O^2 \frac{\partial R}{\partial \rho}\rho\right)\right], \qquad (59)$$

где ρ — плотность среды, кг/м³.

Соотношения (59) и (56) описывают полную логику ситуации в форме $\text{л}_\text{н} = \text{л} + \text{л}_\text{с}$. Нетрудно заключить, что первое слагаемое в (59) связано с изменением информационной проницаемости среды под воздействием поля, а второе слагаемое — с изменением плотности среды под воздействием поля. На фоне примера с детективом и преступником первое слагаемое (59) соответствует созданию толпой искусственных препятствий детективу, либо преступнику путем сознательной дезориентации, подножками и задержками, а второе слагаемое соответствует уплотнению толпы вокруг того или другого из действующих лиц, вызванному, например, любопытством. Ясно, что такого рода вклад среды в логику ситуации возможен в том случае, если среда образована живыми, биологически активными носителями информации, т. е. животными, растениями, вирусами и т. п., либо носителями, находящимися в силовом взаимодействии с силовым полем. Если информационная проницаемость среды линейно зависит от плотности среды, то из (59) следует:

$$\text{л}_\text{с} = \frac{U}{2R}\operatorname{grad} E^2,$$

где U — избыточность, равная $1 - R_k$, из чего можно заключить, что для однородных полей $\text{л}_\text{с} = 0$ и имеет место только соотношение (56).

Если же нас интересует только равнодействующая логики, связывающая какую-либо область пространства, то можно интегрировать по всему объему этой области плотность логических связей (56) и (59) или интегрировать по всей наружной поверхности области тензор T_c поверхностной логики:

$$Л = \int_V лdV = \oint_S \mathbf{T}_c\,dS, \tag{60}$$

где

$$\mathbf{T}_c = \begin{bmatrix} E_xO_x & E_xO_y & E_xO_z \\ E_yO_x & E_yO_y & E_yO_z \\ E_zO_x & E_zO_y & E_zO_z \end{bmatrix} +$$

$$+0{,}5 \begin{bmatrix} O^2\left(R-\rho\frac{\partial R}{\partial\rho}\right) & 0 & 0 \\ 0 & O^2\left(R-\rho\frac{\partial R}{\partial\rho}\right) & 0 \\ 0 & 0 & O^2\left(R-\rho\frac{\partial R}{\partial\rho}\right) \end{bmatrix}. \tag{61}$$

Первое слагаемое тензора (61) соответствует логике носителей информации типа (56), а второе слагаемое — логике среды (59), причем тензор (61) симметричен в изотропных средах, но теряет симметрию своих компонент относительно главной диагонали, если носители информации связаны различной логикой в зависимости от направления, что соответствует анизотропным средам. Компоненты тензора связаны с объемной логикой следующими соотношениями:

$$\begin{cases} л_x = \dfrac{\partial T_{xx}}{\partial x} + \dfrac{\partial T_{xy}}{\partial y} + \dfrac{\partial T_{xz}}{\partial z}; \\ л_y = \dfrac{\partial T_{yx}}{\partial x} + \dfrac{\partial T_{yy}}{\partial y} + \dfrac{\partial T_{yz}}{\partial z}; \\ л_z = \dfrac{\partial T_{zx}}{\partial x} + \dfrac{\partial T_{zy}}{\partial y} + \dfrac{\partial T_{zz}}{\partial z}. \end{cases} \tag{62}$$

В примере со строем самолетов противника сравнение эффективности различных конфигураций строя удобнее всего проводить по их смыслу (54), а сопоставление эффективности отдельных зон (точек) в пределах строя — по плотности их смысла (55).

Что касается входящей в эти соотношения информационной проницаемости R, то она определяется экспериментально по статистике интересующих нас исходов в соответствующих условиях. Например, применительно к воздушному бою R можно найти по вероятности p_k поражения огневыми средствами одного самолета противника мишени, находящейся от него на фиксированном расстоянии r_0.

В этом случае согласно (46) при $J = 1$ можно получить $R = -4\pi r_0 \log(1 - p_k)$, откуда следует, что R имеет размерность длины.

§ 5. Поле движения материи

Обмен информацией. Информационный ток. Любые процессы, доступные нашему наблюдению, сопровождаются обменом информацией между участвующими в них системами и окружающей средой. Да и само наблюдение за этими процессами подразумевает восприятие субъектом соответствующих потоков информации. Очевидно, что одни потоки за ограниченный отрезок времени приносят много информации, другие — мало. Удобной для сопоставления информационных потоков мерой служит информационный ток I, который естественно определить как информацию, приносимую потоком в каждую секунду времени (19): $I = \frac{dJ}{dt}$.

В дальнейшем еще потребуется вектор плотности информационного тока $\mathbf{j}$, который определим здесь как ток, протекающий через единицу площади поперечного сечения информационного потока:

$$\mathbf{j} = \frac{dI}{dS}. \tag{63}$$

Рассмотрим подробнее, из чего же слагается информационный ток, т. е., как обеспечивается перенос информации. Довольно легко прийти к выводу, что один из самых распространенных способов передачи информации — это перенос ее вместе с самими носителями информации. Здесь, однако, можно усмотреть два различных рода информационных токов, различающихся источниками энергии, расходуемой на перенос носителей. Так, распространение запахов, несущих сведения о пище, опасности и т. п., осуществляется за счет тепловой диффузии молекул в воздухе, а также за счет энергии потоков воздуха, которые не зависят от адресата или корреспондента. При этом направление передачи сообщений не всегда согласуется с вектором логических связей информационного поля, подобно тому как в электрических полях ток переноса (конвекции) не всегда согласуется с вектором напряженности поля и может течь даже навстречу полю. Это дает основание именовать в дальнейшем такого рода информационные токи токами переноса.

Согласно определению, вектор плотности информационного тока переноса $\mathbf{j}_п$ равен произведению плотности переносимой информации и скорости переноса

$$\mathbf{j}_п = \rho\mathbf{v}.$$

Помимо информационных токов переноса можно усмотреть также токи, возникающие под управляющим воздействием информационного поля и согласных с ним. Примером могут служить такие ситуации, когда люди и животные, чувственно воспринимая информационное поле, следуют его управляющим воздействиям, используя для перемещений свою внутреннюю биологическую энергию. Эти биологические носители информации, способные перемещаться в информационном поле, совершенно подобны свободным зарядам в электрическом поле, образующим там ток проводимости. Назовем этот всегда согласованный с информационным полем ток информации, который образован носителями, способными чувственно воспринимать поле и обладающими запасом энергии для перемещений, чувственным током.

Подобно тому как свободные заряды в электрическом поле характеризуются подвижностью, биологическим объектам в информационном поле также свойственна подвижность b, которую можно рассматривать как скорость движения, приходящуюся на единицу напряженности информационного поля

$$b = \frac{v}{E} \tag{64}$$

и имеющую размерность м^2/с·бит. Например, подвижность лошади больше подвижности овцы, так как при одинаковой опасности со стороны стаи волков лошади развивают значительно большую скорость, чем овцы.

Формально вектор плотности чувственного тока $\mathbf{j}_ч$ описывается так же, как и ток переноса $\mathbf{j}_п$, с той лишь разницей, что вместо скорости переноса должна фигурировать скорость собственного движения, определяемая из (64):

$$\mathbf{j}_ч = \rho b \mathbf{E}. \tag{65}$$

Соотношение (65) является, по существу, дифференциальной формой информационного закона Ома, в котором $\rho b = \gamma$ — удельная информационная проводимость. Соответственно в интегральной форме: $H = I\tau$, причем информационное сопротивление $\tau = l/\gamma S$ имеет размерность времени и может измеряться непосредственно как время передачи одного носителя информации. В случае, если (как это бывает в искусственных системах связи) имеется K параллельных каналов, в каждом из которых информация передается импульсами с частотой f или периодом T, то $\tau = 1/Kf = T/K$.

Применив формулу для смысла $C = JH$ к участку чувственной передачи информации, получим

$$C = IHt = I^2\tau t = \frac{H^2}{\tau}\, t.$$

Это соотношение позволяет определить смысл информации, переданной за время t.

Тогда смысловая мощь информационного тока

$$N = \frac{dC}{dt} = IH = I^2\tau = \frac{H^2}{\tau}.$$

На первый взгляд может показаться, что рассмотренными процессами исчерпываются все способы передачи сообщений. Между тем, известно, что люди и животные часто действуют, руководствуясь не полученными сведениями, а интуитивно. Интуиция играет важнейшую роль в биологических системах, снабжая их сведениями в тех случаях, когда эти сведения невозможно заполучить посредством переноса носителей информации.

Вопреки распространенному убеждению, ни наши глаза, ни наши уши не способны воспринимать ток переноса и чувственный ток в отличие от органов обоняния и осязания, которые всегда воспринимают ту материю (и информацию), которую мы исследуем и которая так или иначе переносится к ним. Органы же зрения и слуха воспринимают лишь колебания (смещение) среды, непосредственно к ним примыкающей, т. е. материи иной физической природы, нежели изучаемые объекты, которые лишь возбуждают или модулируют эти колебания. В таких условиях об информации, содержащейся в отражаемых объектах, можно судить лишь интуитивно, поскольку сами объекты непосредственно не воспринимаются. Иными словами, на расстоянии с помощью зрения и слуха объективно невозможно установить, является ли наблюдаемый объект самим собой или искусно сделанной копией, имеющей такой же, как и оригинал, вид и издающий такие же звуки. Определить это можно лишь с помощью интуиции, т. е. подсознательной логической обработки всех аспектов ситуации, сводящейся к аналогиям с достоверно известными ситуациями.

Итак, в мозг каким-то образом без видимых носителей проникает информация. Следовательно, должен существовать соответствующий информационный ток, который назовем током интуиции. Поскольку этот ток передается без носителей информации, напрашивается аналогия с током смещения в электрическом поле, который также течет сквозь пространство, не содержащее носителей заряда. В таком случае по аналогии с током смещения для вектора плотности тока интуиции

$$\mathbf{j}_и = \frac{\partial \mathbf{O}}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial t}\left(\frac{E}{R}\right). \tag{66}$$

Выражение (66) может быть получено и формально. Ведь согласно (63), интеграл по произвольной замкнутой поверхности должен быть равен сумме токов носителей информации сквозь эту поверхность, т. е. информации, проникающей сквозь нее за одну секунду и изменяющей общее количество информации внутри замкнутой поверхности,

$$\oint_S \mathbf{j}\, d\mathbf{S} = -\frac{\partial J}{\partial t}.$$

Это — уравнение непрерывности, имеющее в дифференциальной форме вид

$$\operatorname{div} \mathbf{j} = -\frac{\partial \rho}{\partial t}, \qquad (67)$$

где $\mathbf{j} = \mathbf{j}_ч + \mathbf{j}_п$.

Однако согласно теореме Гаусса (37)

$$\operatorname{div} \mathbf{j} = -\frac{\partial}{\partial t} \operatorname{div} \mathbf{O} = \operatorname{div} \left(\frac{\partial \mathbf{O}}{\partial t}\right),$$

откуда

$$\mathbf{j} = -\frac{\partial \mathbf{O}}{\partial t}. \qquad (68)$$

Из (68) следует, что токам переноса и чувственному, направленным внутрь замкнутой поверхности, соответствует ток интуиции, направленный изнутри наружу, так что полный ток равен нулю:

$$\operatorname{div} \mathbf{j} = 0, \qquad (69)$$

где $\mathbf{j} = \mathbf{j}_ч + \mathbf{j}_п + \mathbf{j}_и$.

Можно заметить, что в неживой природе носители информации передаются лишь токами переноса и интуиции, в животном мире — преимущественно чувственным током, а для растений в слабой степени характерно и то и другое. Поэтому неживая природа формально аналогична диэлектрику в электротехнике, живая природа — проводнику, а растительный мир — полупроводнику.

Логические связи движущихся носителей информации. Как следует из предыдущего раздела, логические связи между статическими информациями носят довольно однообразный характер. Они выражаются лишь в том, что те или иные носители информации либо сопутствуют друг другу, либо избегают друг друга, что определяется знаками информаций в законе (36).

Естественно, что взаимодействуют между собой и движущиеся носители информации, причем их взаимодействие гораздо более разнообразно, нежели в случае статических информаций. Рассмотрим несколько примеров. Хорошо известно, что люди и животные, имеющие одинаковые пространственные цели, тяготеют друг к другу, объединяясь в группы

и стаи при движении в одном направлении. Напротив, движения во встречных направлениях всегда разделяются по высоте, по разным сторонам улиц и дорог и т. д. Этот пример «тяготения» и антогонизма согласных и встречных информационных токов соответствует притяжению и отталкиванию электрических токов и наводит на мысль о существовании разновидности информационно-логического поля, подобной магнитному полю токов в электротехнике. Поскольку эта разновидность поля связана с движением материи, назовем ее полем движения, или целевым полем.

Формальная аналогия между силовым взаимодействием электрических токов и логическим взаимодействием информационных токов особенно ярко проявляется в случаях, когда взаимодействующие токи текут под углом друг к другу. Так, на нерегулируемом перекрестке трамвайных линий выехавший первым и занявший перекресток своим трамваем вожатый уже не обращает никакого внимания на подъезжающий справа и слева под прямым углом к его трамваю транспорт, в то время как транспорт, идущий в поперечном направлении и подъезжающий к уже занятому трамваем перекрестку, стремится объехать трамвай сзади.

Эта ситуация в точности соответствует взаимодействию аналогичным образом расположенных элементов электрических токов, когда сила действует лишь на элемент, продолжение которого упирается в другой элемент, и не действует на последний, причем первый элемент стремится сместиться так, чтобы его ток обтекал другой элемент «сзади».

Легко, однако, найти примеры, когда имеет место логическое взаимодействие, внешне схожее с рассмотренным, но в отсутствие видимого движения носителей информации. Так, люди объединяются в политические партии или клубы, а животные в стада, — и в тех случаях, когда это не связано с механическим перемещением в пространстве, т. е. когда объединяющая их цель может быть достигнута путем неких структурных изменений системы. Эти случаи формально сводятся к аналогии с взаимодействием постоянных магнитов и хорошо объясняются циркуляцией информации по замкнутым контурам внутри мозга (едино- или инакомыслие), т. е. в конечном итоге речь опять идет о взаимодействии информационных токов, которые хотя и не доступны прямому наблюдению, создают тем не менее поля движения, вступающие в обычные логические взаимодействия. Это позволяет заключить, что излагаемая теория может рассматриваться как эффективное средство математического описания и анализа общественных процессов и социальных явлений. Пока же отметим, что логика движения транспорта на улицах и перекрестках как будто специально существует для иллюстрации правильности концепции целевого поля и удобства соответствующего математического аппарата.

Итак, по аналогии с магнитным полем определим вектор логической связи между двумя линейными элементами dl_1 и dl_2 информационных токов I_1 и I_2

$$Л_{12} = \frac{I_1 I_2}{4\pi a r_{12}^3} [\mathbf{dl}_2 \times (\mathbf{dl}_1 \times \mathbf{dr}_{12})], \tag{70}$$

где $\times$ — знак векторного произведения.

Поскольку, как отмечалось, в поле движения не соблюдается принцип взаимности, т. е. $Л_{12} \neq -Л_{21}$, то (70) описывает лишь влияние первого элемента на второй. Для встречного влияния справедлива формула

$$Л_{21} = \frac{I_1 I_2}{4\pi a r_{21}^3} [\mathbf{dl}_1 \times (\mathbf{dl}_2 \times \mathbf{r}_{21})],$$

где $\mathbf{r}_{21} = -\mathbf{r}_{12}$; a — характеристическая константа, имеющая размерность ускорения, которую в дальнейшем будем называть целевой проницаемостью.

Вектор напряженности поля движения $Д$, имеющий размерность бит·с/м², соответственно равен:

$$Д_{12} = \frac{I_1}{4\pi a r_{12}^3} (\mathbf{dl}_1 \times \mathbf{r}_{12}). \tag{71}$$

Таким образом, вместо (70) с учетом (71) имеем

$$Л_{12} = I_2 (\mathbf{dl}_2 \times Д_{12}) \quad \text{или} \quad Л = I(\mathbf{dl} \times Д). \tag{72}$$

Если перейти от элементов тока к токам конечной длины, то (72) придется интегрировать по длине. В частности, для замкнутых контуров тока

$$Л = I \oint_l (\mathbf{dl} \times Д).$$

Необычная последовательность сомножителей под интегралом связана с тем, что векторное произведение небезразлично к этой последовательности, так как отсчет направления поворота для определения вектора **Л** ведется от первого сомножителя ко второму. Если элемент тока создается движением одного носителя информации, т. е. $I\mathbf{dl} = J\mathbf{v}$, то вместо (72) можно записать:

$$Л = J(\mathbf{v} \times Д). \tag{73}$$

Нужно иметь в виду, что понятия «линейные элементы тока» и «линейные токи», которыми мы оперировали выше, для реальных токов имеют смысл только в том случае, если

размеры их сечений достаточно малы по сравнению с расстояниями между элементами. Так, в формулах (70) — (72) при $r \to 0$ значения соответствующих величин устремляются к бесконечности, т. е. теряют смысл.

Однако, переходя в этих формулах к дифференциалам и учитывая, что по определению плотности тока $dI = \mathbf{j}d\mathbf{S}$, получим:

$$\begin{cases} dД = \dfrac{dI}{4\pi a r^3} (\mathbf{dl} \times \mathbf{r}) = \dfrac{\mathbf{j}\,d\mathbf{S}}{4\pi a r^3} (\mathbf{dl} \times \mathbf{r}) = \dfrac{dV}{4\pi a r^3} (\mathbf{j} \times \mathbf{r}); \\ dЛ = dI(\mathbf{dl} \times Д) = \mathbf{j}d\mathbf{S}(\mathbf{dl} \times Д)\,dV. \end{cases} \tag{74}$$

Из второго уравнения (74) следует выражение для объемной плотности логических связей в поле движения

$$л = \frac{dЛ}{dV} \mathbf{j} \times Д. \tag{75}$$

Интегрируя первое уравнение (74) по объему, занятому током, получим выражение для **Д**, справедливое во всех случаях,

$$Д = \frac{1}{4\pi a} \int_V \frac{\mathbf{j} \times \mathbf{r}}{r^3} dV. \tag{76}$$

Вернемся к соотношению (73). Оно характеризует только логику движения носителя информации J в поле движения (логику инерции). Между тем, ничто не мешает носителю информации находиться также в логической связи информостатического типа с полем существования E, создаваемым, например, другими неподвижными носителями. В таком случае для вектора логической связи должно быть справедливо соотношение, подобное соотношению для силы Лоренца в электротехнике;

$$Л = J(\mathbf{E} + \mathbf{v} \times Д). \tag{77}$$

Последнее полностью описывает сколь угодно сложные логические связи одиночного носителя информации в произвольной ситуации, где v — скорость движения исследуемого носителя информации относительно условно неподвижных носителей, причем все носители создают в месте нахождения исследуемого носителя поле существования, напряженностью E; $Д$ — напряженность поля движения в той же точке, создаваемого только движением других носителей относительно носителей, принятых за неподвижные. Это несколько громоздкая тирада должна продемонстрировать читателям относительность понятий «поле существования» и «поле движения» и навести на мысль о том, что реально существует лишь единое информационное поле, а его разновидности проявляют себя только в зависимости от произвольного выбора системы координат.

Действительно, ввиду относительности движения всегда можно считать, что не исследуемый носитель информации движется относительно других носителей, а, напротив, те движутся относительно него, и в этом случае речь может идти о взаимодействии исследуемого носителя лишь с соответственным образом пересчитанным полем существования, хотя **Л** должен остаться тем же самым. Уравнение (77) хорошо описывает, например, логику поведения одиночного самолета $J = 1$ (или компактной группы самолетов $J > 1$) в пределах пространства, занятого самолетами противника. При этом E находится посредством (37), $Д$ находится посредством (76); $\mathbf{v}$ — вектор скорости исследуемого самолета; $\mathbf{j} = \rho \mathbf{v}_{пр}$ — количество самолетов противника, пролетающих сквозь единицу площади в единицу времени в каждой точке пространства; $\mathbf{v}_{пр}$ — вектор скорости самолетов противника в каждой точке.

В заключение отметим, что по аналогии с формулами магнитного поля вместо (76) можно пользоваться дифференциальным соотношением

$$a \operatorname{rot} \mathbf{Д} = \mathbf{j}.$$

Последнее может быть переписано также в форме

$$\operatorname{rot} \mathbf{И} = \mathbf{j}, \tag{78}$$

где $\mathbf{И} = a\mathbf{Д}$, бит/м·с — вектор индукции, который нужно интерпретировать как плотность потока индукции, создаваемого тем или иным явлением вне зависимости от логических связей с окружающей средой. Это, если можно так выразиться, индукция в себе, недоступная непосредственному восприятию. Напротив, напряженность поля движения — есть проявление знания через логические связи с окружающим миром, т. е. индукция для нас.

Из (78) с учетом (69) также следует:

$$\operatorname{div} \mathbf{И} = 0, \tag{79}$$

что означает замкнутость потока индукции, не имеющего источников.

Здесь речь идет об индукции в математическом и логическом смысле, т. е. о мере справедливости перенесения закономерностей данной точки на окрестное пространство, или об аналогиях в различных частях пространства.

Положив $\mathbf{Д} = \operatorname{rot} \mathbf{A}$, придем к понятию векторного потенциала $\mathbf{A}$, который с помощью (79) позволяет в этом случае

получить уравнения типа Пуассона:

$$\Delta \mathbf{A} = -\frac{\mathbf{j}}{a}.$$

Логические взаимодействия линейных токов с контурами и замкнутых контуров между собой. Из формулы (70) следует, что логическое взаимодействие элементов линейных информационных токов обратно пропорционально целевой проницаемости среды. Вполне естественно, что условия взаимодействия токов могут быть как благоприятными, так и неблагоприятными. Например, перемещение военнослужащих освободительной армии на освобожденной территории с дружественным населением в принципе возможно в индивидуальном порядке, т. е. поодиночке. Напротив, перемещение военнослужащих оккупационной армии в условиях развитого движения сопротивления на оккупированной территории возможно лишь более или менее значительными группами.

Если в первом случае вектор логической связи между движущимися носителями информации приближается к нулю, то во втором случае логическая связь весьма ощутима.

Наконец, если логически посредством поля движения взаимодействуют между собой внешне неподвижные объекты, или, что то же самое, замкнутые контуры информационных токов, то такое взаимодействие должно быть пропорционально целевой проницаемости среды. Действительно, выразив ток через создаваемое им поле с помощью (71), получим согласно (72) линейную зависимость **Л** от a. Из приведенных замечаний следует, во-первых, что для токов информации, носители которой не могут приспосабливаться к изменениям, вызванным ухудшением внешних условий (возрастание a), ослабляются логические связи. Во-вторых, если логически взаимодействуют неизменный ток информации и объект, наделенный способностью к адаптации, т. е. изменяющий свои внутренние информационные токи при изменении условий (например, интенсифицируя свою умственную деятельность), то это взаимодействие, естественно, не зависит от внешних условий, по крайней мере в известных пределах. И, в-третьих, при логическом взаимодействии адаптирующихся объектов (например, людей) ухудшение условий, вызывая обоюдную интенсификацию токов информации, приводит даже к усилению логического взаимодействия. Этот вывод качественно хорошо соответствует житейской практике, которая подтверждает, что именно в условиях кризисов и материальных невзгод возрастает стремление людей к объединениям по классовому признаку (в профсоюзы и предпринимательские патронаты) и наблюдается существенный рост классового самосознания. С другой стороны, в таких условиях можно отметить соответствующее обострение классовых антогонизмов между людьми, социальное мышление которых противоположно, что в грубом приближении соответствует встречной циркуляции информации в их нервных системах.

Периоды относительного материального благополучия (случай уменьшения a), напротив, характеризуются снижением политической активности и ростом индивидуализма, создающими подчас иллюзию «классового мира». Если придерживаться представления о том, что поле движения каждого индивидуума подобно магнитному полю создается циркуляцией информационных токов внутри его нервных комплексов (в мозге), то многие явления общественной жизни качественно хорошо описываются как результат взаимодействия индивидуальных полей движения. Помимо вышеприведенных примеров отметим в этой связи еще такой феномен, как диктат общественного мнения, когда некое согласованное инерционное поле движения множества индивидуумов (коллектива) диктует в известной степени образ мыслей каждому из них, требуя, очевидно, ориентации индивидуальных контуров информационного тока в согласии с суммарным полем движения, что совершенно аналогично ориентации контуров электрического тока в магнитном поле. По сути дела, это лишь означает, что в одинаковых условиях люди, располагающие одинаковой информацией, должны мыслить одинаково.

Определим теперь смысл или содержание поля движения, воспользовавшись аналогией его с энергией магнитного поля и не повторяя соответствующих выкладок, известных из курса теоретических основ электротехники. Согласно этой аналогии

$$C = \frac{1}{2}\int\limits_V \mathbf{ИД}dV$$

или в дифференциальной форме

$$c = \frac{ИД}{2} = \frac{aД^2}{2} = \frac{И^2}{2a}. \qquad (80)$$

Отсюда для объемной плотности логики поля движения имеем

$$\text{л} = -\operatorname{grad} c = -aД \operatorname{grad} Д = -\frac{И}{a}\operatorname{grad} И, \qquad (81)$$

причем (81) не зависит от направления векторов напряженности и индукции.

Выражения (80) и (81) отражают концепцию поля дви-

жения, согласно которой поле пронизывает все пространство независимо от наличия в нем информационных токов.

Между тем, содержание инерционного взаимодействия токов может быть описано и непосредственно, исходя из принципа дальнодействия:

$$\left.\begin{aligned} C_{12} &= \int\limits_{V_1}\int\limits_{V_2} \frac{\mathbf{j}_1\mathbf{j}_2\, dV_1\, dV_2}{4\pi ar} = L_{12}I_1I_2; \\ C &= \iint\limits_V \frac{\mathbf{j}\mathbf{j}'\, dV\, dV'}{4\pi ar} = LI^2, \end{aligned}\right\} \qquad (82)$$

где C_{12} — взаимное содержание инерционного взаимодействия разных токов; C — собственное содержание тока; V_1 и V_2 — объемы, занятые токами I_1 и I_2; dV и dV' — элементы объема, занятого током I; r — расстояние между элементами объемов;

$$L_{12} = \frac{1}{4\pi aI_1I_2}\int\limits_{V_1}\int\limits_{V_2}\frac{\mathbf{j}_1\mathbf{j}_2\, dV_1\, dV_2}{r};$$

$$L = \frac{1}{4\pi aI^2}\iint\limits_V \frac{\mathbf{j}\mathbf{j}'\, dV\, dV'}{r}.$$

Коэффициенты пропорциональности L_{12} и L в (82), зависящие только от формы и расположения токопроводов, а также от целевой проницаемости среды и не зависящие от самих токов, которые уже известны нам, назовем соответственно взаимной и собственной ригидностями. Эти коэффициенты имеют размерность квадрата времени и характеризуют степень инерционной логической связи между системами или отдельными элементами внутри каждой системы вне зависимости от циркулирующей в них информации. Применительно к человеку они характеризуют способность к индуктивному познанию ($L_в$) и самовнушению (L), а применительно к коллективам людей $L_в$ — степень взаимопонимания.

Для линейных замкнутых контуров информационных токов справедлива также формула

$$L_в = \frac{1}{4\pi a}\oint\limits_{l_1}\oint\limits_{l_2}\frac{dl_1\, dl_2}{r}.$$

Теперь с учетом (82) вектор логической связи информационных токов можно записать следующим образом:

$$\mathbf{Л} = -I_1I_2 \operatorname{grad} L_в,$$

а вектор логической связи элементов одного и того же тока — в форме

$$\mathbf{Л} = -I^2 \operatorname{grad} L.$$

Отметим, что выражения для взаимных и собственных ригидностей должны совпадать с соответствующими выражениями для индуктивностей в электротехнике, если в последних произвести замену

$$\mu = \frac{1}{a}.$$

Все соотношения, полученные для логических связей информационных токов, не учитывают логическое взаимодействие со средой, окружающей эти токи. Между тем, применительно к полю существования такое взаимодействие (в особенности с живой средой) может быть весьма значительным. По аналогии с полем существования вектор плотности логических связей поля движения с токами среды можно описать в форме

$$\text{л}_c = 0{,}5[Д^2 \operatorname{grad} a - \operatorname{grad}(Д^2 \frac{\partial a}{\partial \rho} \rho)], \tag{83}$$

причем первое слагаемое соответствует изменению целевой проницаемости среды под воздействием поля движения, а второе слагаемое — изменению плотности среды под воздействием поля движения.

Если целевая проницаемость пропорциональна плотности среды, т. е. числу носителей ее токов в единице объема, то (83) можно привести к виду

$$\text{л}_c = 0{,}5 a_0 (1 - a_k) \operatorname{grad} Д^2,$$

из чего можно заключить, что плотность логики среды отлична от нуля только в неоднородных полях.

Итак, в общем случае плотность логики поля определяется суммой соотношений (75) и (83). При этом равнодействующая логических связей конечной области пространства вычисляется как интеграл по всему объему области от объемной плотности логики, либо как интеграл по всей поверхности области тензора $T_д$ поверхностной логики поля движения:

$$\text{Л} = \int_V \text{л}\, dV = \oint_S \mathbf{T}_д\, d\mathbf{S},$$

где

$$\mathbf{T}_д = \begin{bmatrix} H_x D_x & H_x D_y & H_x D_z \\ H_y D_x & H_y D_y & H_y D_z \\ H_z D_x & H_z D_y & H_z D_z \end{bmatrix} +$$

$$+0{,}5 \begin{bmatrix} D^2\left(a - \frac{\partial a}{\partial \rho}\rho\right) & 0 & 0 \\ 0 & D^2\left(a - \frac{\partial a}{\partial \rho}\rho\right) & 0 \\ 0 & 0 & D^2\left(a - \frac{\partial a}{\partial \rho}\rho\right) \end{bmatrix}. \tag{84}$$

Первый тензор (84) описывает логику взаимодействия токов, а второй — логику токов среды. Тензор (84) симметричен, т. е. его компоненты, симметричные относительно главной диагонали, равны друг другу, если среда изотропна. В случае анизотропной среды симметрия тензора не сохраняется, а его компоненты изменяются в соответствии с зависящими от направления значениями относительной целевой проницаемости согласно (78).

Тензор (84) позволяет описывать логику сколь угодно сложного поведения носителей тока в стационарных условиях.

§ 6. Диалектико-материалистическая логика

Информационная интуиция. Информационные цепи. Ранее мы рассматривали целевое взаимодействие стационарных информационных полей и токов, имея, впрочем, в виду, что этот подход справедлив также и для медленно меняющихся ситуаций. Теперь обратимся к ситуациям, в которых информационные поля или токи претерпевают сравнительно быстрые изменения. Поскольку в явлениях и законах природы мы все время находили качественное подтверждение формальной аналогии между электрическим и информационным полями, воспользуемся ею для описания быстроменяющихся ситуаций.

Согласно этой аналогии к изменяющимся целевым полям должен быть применим закон, подобный закону электромагнитной индукции,

$$H_и = -\frac{d}{dt}\int_S \mathbf{Д} d\mathbf{S}, \tag{85}$$

где $H_и$ — энтропия индукции, соответствующая ЭДС в электротехнике.

Закон информационной индукции (85), формально получаемый из (77), утверждает, что в случае изменения потока движения сквозь поверхность, ограниченную замкнутым контуром, в последнем возбуждается индуктивная энтропия, способная при наличии очувствленных носителей вызвать чувственный ток. При этом согласно принципу относительности безразлично, происходит ли изменение потока движения во времени или в пространстве за счет перемещения контура. В качестве иллюстрации справедливости закона (85) рассмотрим движение транспорта в районе оборонительного рубежа, сооружаемого на пути наступающего противника. Схематично представив движение транспорта в виде замкнутого контура, соединяющего район строительства с тыловыми базами снабжения, в котором ввиду интенсивности организовано одностороннее движение, легко убедиться, что интенсивность движения возрастает по мере ускорения наступления противника и снижается при замедлении наступления вплоть до консервации и демонтажа в случае его отступления.

При быстром отступлении противника и демонтаже оборонительных сооружений направление информационного тока в транспортном контуре, естественно, изменится на противоположное. При этом имеется в виду не движение транспортных средств (которое может и не менять направления), а движение строительных материалов, вооружения и другого оснащения, являющихся носителями информации.

Рассматривая этот и подобные примеры, всегда следует помнить, что наблюдению доступны лишь информационные токи, вызываемые индуктивной энтропией, но не сама энтропия, которая может быть лишь вычислена, если известно информационное сопротивление,

$$H_{и} = I \cdot \tau - \Sigma H_k,$$

где ΣH_k — сумма энтропий неиндуктивного происхождения.

В дифференциальной форме закон информационной индукции принимает вид

$$\operatorname{rot} \mathbf{E} = -\frac{\partial \text{Д}}{\partial t}. \qquad (86)$$

Из (86) следует, что вихри поля существования возникают во всех точках пространства, в которых эволюционирует поле движения. Однако возбужденное таким способом информационное поле в отличие от поля неподвижных носителей информации не является потенциальным и поэтому в нем интеграл по замкнутому контуру от напряженности поля не равен нулю.

Действительно, по теореме Стокса

$$\oint_l \mathbf{E} d\mathbf{l} = \int_S \operatorname{rot} \mathbf{E} d\mathbf{S} = -\frac{d}{dt} \int_S \mathbf{Д} d\mathbf{S} = H_{и},$$

что соответствует (85).

Отметим, что из уравнения (86) следует также

$$\operatorname{div} \mathbf{Д} = 0,$$

т. е. поле движения не имеет источников.

В заключение преобразуем уравнения (66) и (78) к виду, подобному (86). В отсутствие свободных носителей информации получим

$$\operatorname{rot} \mathbf{И} = \partial \mathbf{O} / \partial t. \qquad (87)$$

В соответствии с (86) и (87) не только эволюция поля движения приводит к появлению вихрей поля существования, но и эволюция последнего (поля отражения) приводит к появлению вихрей поля движения. Это значит, что если один человек внезапно получил определенную информацию, то его поле отражения резко изменилось во времени и согласно (87) возбудило вихрь поля движения. Однако ввиду кратковременности этого акта появившееся поле движения быстро исчезает, возбуждая согласно (86) вихрь поля существования. Если последний вихрь охватывает нервную систему другого близкорасположенного человека, то согласно (85) ее контурам сообщается индуктивная энтропия $H_{и}$. При наличии некоторой емкости контура, которая соответствует числу n носителей информации в нем, другому человеку сообщится информация $nH_{и}$.

Практически это значит, что если та или иная информация стала доступна одному человеку, то раньше или позже в зависимости от времени распространения поля нечто в том же роде станет доступно и любому другому. На первый взгляд может показаться, будто это подтверждает возможность сообщения конкретной информации одним лицом другому посредством умственных усилий, однако приведенные соотношения не дают для этого оснований. В самом деле, из них следует, что вектор индукции пропорционален не информации, обретенной первым человеком, но скорости ее эволюции, а индуктивная информация, возникшая у второго человека, зависит от емкости его нервных образований, так что между этими информациями нет даже пропорциональной зависимости, не говоря уже о равенстве. Но, с другой стороны, как мы увидим в дальнейшем, эти информации связаны с системой дифференциальных уравнений, решая которые, в принципе можно по одной информации восстановить другую, что, однако, представляется почти непреодолимым препятствием для невооруженного комплексом ЭВМ человеческого мозга.

Некоторые искусственно упрощенные случаи разгадывания мыслей объясняются вероятно тем, что у двух людей, участвующих в опыте, уже циркулирует определенная исходная информация и им уже известны весь ограниченный набор возможных информаций и скорости их поступления, следовательно, им, по существу, достаточно фиксировать лишь момент поступления информации и относительный уровень вызванного этим актом возмущения поля, что, конечно, возможно, если принять концепцию информационного поля и справедливость его уравнений.

Мы здесь не делаем различия между интуицией и индукцией, поскольку из приведенных уравнений поля следует, что интуиция есть суждение о неизвестном по аналогии с известным, т. е. посредством индукции.

В этой связи запишем уравнение информационной цепи по аналогии с уравнением электрической цепи, содержащей сопротивление, емкость и индуктивность. В общем случае получим (см. (26))

$$H = H_{\tau} + H_{и} + H_{п} = I\tau + \left(L\frac{dI}{dt} + M\frac{dI'}{dt}\right) + \frac{1}{n}\int I\,dt,$$

где H_{τ} — составляющая энтропии цепи, обусловленная ее информационным сопротивлением; $H_{и}$ — составляющая, связанная с собственной и взаимной ригидностями; $H_{п}$ — составляющая, обусловленная емкостью памяти; I' — информационный ток соседней цепи, индуктивно связанной с рассматриваемой цепью.

Если известны все параметры цепи, а также сторонняя энтропия H неинформационного происхождения (или она равна нулю), то по скорости изменения тока I' с помощью (26) можно определить информационный ток I.

Интересно отметить, что, поскольку уравнение (26) имеет второй порядок, при внезапном изменении H или I' в цепи должны в общем случае возникать колебания информационного тока, частота которых и время затухания зависят от соотношения параметров цепи τ, L, n. Это прямо указывает на неизбежность колебаний при внезапно возникшей необходимости принятия решений, что свойственно людям в критических ситуациях, и позволяет численно, через параметры τ, L, n, характеризовать решительность того или иного человека, или, напротив, вычислять эти параметры его нервной системы по числу и времени колебаний при принятии решений в экспериментальных условиях.

Сказанное справедливо, конечно, только при условии линейности (26), т. е. независимости τ, L, n от I, что применительно к человеку кажется сомнительным, однако оно почти всегда верно при малых возмущениях. В этих условиях, как известно, частота ω и затухание δ колебаний вычисляются по формулам:

$$\omega = \omega_0\sqrt{1-\delta^2}; \quad \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{Ln}}; \quad \delta = \frac{\tau}{2}\sqrt{\frac{n}{L}}.$$

Эксперименты такого рода могли бы дать интересный материал для попыток формализации творческой деятельности, каковой в частности является процесс принятия решений. Между тем, уравнение (26) содержит компоненты по меньшей мере интуитивного творчества, поскольку в случае колебательного решения ток временами намного превышает тот уровень, который необходим для компенсации заданной

энтропии H_0, т. е. для решения заданной задачи. Это значит, что в такие моменты вследствие ригидности, т. е. по привычке, по аналогии, решение распространяется на другие задачи, выражаясь в неравенстве

$$H_0 < I\tau,$$

где H_0 — энтропия заданной задачи; $I\tau = H_{\tau}$ — энтропия, фактически компенсируемая током I.

Система уравнений информационного поля. Распространение информационных волн. Подводя итог всему сказанному, выпишем полную систему дифференциальных уравнений информационного поля:

$$\left|\begin{array}{l} \operatorname{div}\mathbf{O} = \rho \\ R\mathbf{O} = \mathbf{E} \\ \end{array}\right|\begin{array}{l} \operatorname{rot}\mathbf{И} = \mathbf{j} \\ \mathbf{И} = a\mathbf{Д} \\ \operatorname{div}\mathbf{Д} = 0 \end{array}\left|\begin{array}{l} \operatorname{rot}\mathbf{E} = -\dfrac{\partial\mathbf{Д}}{\partial t} \\ \mathbf{j} = \gamma\mathbf{E} + \rho\,\mathbf{v} + \dfrac{\partial\mathbf{O}}{\partial t} \\ \end{array}\right|. \qquad (88)$$

Первый столбец полной системы описывает поле отражения, т. е. поле в отсутствие информационных токов и какой-либо эволюции. Второй столбец характеризует стационарное целевое поле неподвижных постоянных информационных токов. Вся совокупность уравнений (88) в линейном приближении описывает любого рода пространственно-временные эволюции информационных систем. Подобно тому как в стационарных полях отражения и полях движения путем введения скалярного и векторного потенциалов мы переходили к уравнениям Пуассона, перейдем в системе (88) к уравнению Даламбера, приняв условие Лоренца $\operatorname{div}\mathbf{A} = \frac{-1}{Ra}\frac{\partial H}{\partial t}$:

$$\Box H = -R\rho; \qquad \Box\mathbf{A} = -\frac{\mathbf{j}}{a}, \qquad (89)$$

где оператор Даламбера $\Box \equiv \Delta - \frac{\partial^2}{Ra\,\partial t^2}$; $\mathbf{j}$ — плотность токов переноса и чувственного.

В отсутствие носителей информации и упомянутых токов (89) переходят в волновые уравнения:

$$\Delta H = \frac{1}{Ra}\,\frac{\partial^2 H}{\partial t^2}; \qquad \Delta\mathbf{A} = \frac{1}{Ra}\,\frac{\partial^2\mathbf{A}}{\partial t^2}.$$

Частное решение первого из этих уравнений в сферических координатах, как известно, например, из курса теоретических основ электротехники, имеет вид

$$H = \frac{R}{4\pi}\int_V \frac{\rho\left(t - \frac{r}{\sqrt{Ra}}\right)}{r}\,dV. \qquad (90)$$

В случае точечного носителя информации из (90), следует:

$$H=\frac{RJ\left(t-\frac{r}{v}\right)}{4\pi r}; \qquad v=\sqrt{Ra}. \tag{91}$$

Уравнения (90) и (91) можно истолковать так: если где-либо точечная информация внезапно аннигилирует, то поле в точке, отстоящей от этого места на расстояние r, исчезает не в тот же миг, а с запозданием на r/v (v — скорость распространения поля в данной среде). При этом предельная скорость распространения информационного поля в пустоте $v_0=\sqrt{R_0a_0}$, что дает возможность определить R_0 через a_0, и наоборот.

Посредством (89) в линейном приближении хорошо описывается ряд пространственных ситуаций, включая пример с воздушным боем, что позволяет решать рассмотренные ранее задачи в условиях непрерывных изменений расположения (строя) самолетов противника.

По аналогии с вектором Пойнтинга в электротехнике введем вектор удельной смысловой мощи $\mathbf{n}$ потока содержания, численно равный содержанию, передаваемому в единицу времени через единицу поверхности, перпендикулярной к направлению распространения волны,

$$\mathbf{n}=\mathbf{E}\times\mathbf{И},$$

чему соответствует объемная плотность содержания

$$c=\frac{|\mathbf{n}|}{|\mathbf{v}|}=\frac{E^2}{2R}+\frac{И^2}{2a}=\frac{RO^2}{2}+\frac{aД^2}{2}, \tag{92}$$

где $И=\sqrt{\frac{a}{R}}E$.

Из (92) следует, что в информационной волне одновременно существуют как поле отражения, так и поле движения. Следовательно, при прохождении такой волны сквозь нервную ткань в последней поочередно происходят вначале процессы познания (отражения) окружающей действительности, а затем процессы планирования целенаправленного ее изменения. После этого вновь идет процесс анализа (познания) планов и составления усовершенствованных планов и т. д., что соответствует наблюдаемой житейской практике и диалектическому принципу развития по спирали.

Например, в прежние годы Париж, считавшийся законодателем моды, индуктивно распространял ее на весь мир в виде сферической волны потока содержания, характеризовавшегося вектором $\mathbf{n}$ удельной смысловой мощи. Распространяясь относительно медленно в соответствии с существовавшими в те времена средствами передачи относящейся к моде информации, такая волна вызывала согласно (91) запаздывающий потенциал, т. е. создавала вероятность внедрения моды в том или ином районе тем меньшую и тем позже, чем дальше был этот район от Парижа как точечного источника информации. Причем пока волна достигала отдаленных мест, в Париже уже возникала новая мода, отрицавшая первую, и начинала распространяться следующая волна и т. д. В результате можно было констатировать непрерывный волновой процесс колебания моды в разных точках планеты с запаздыванием по фазе и с уменьшением амплитуды по мере удаления от столицы мод.

С ростом технических возможностей передачи соответствующей информации скорость распространения волны моды все возрастает и в наше время реальна ситуация, когда творцы моды посредством телевидения смогут распространять ее со скоростью света. Поскольку быстрее передать информацию вряд ли возможно, мы и предположили, что скорость света является предельной скоростью распространения поля.

По сути дела, в последовательной смене полей существования и движения, в их взаимосвязи и взаимоотрицании выражается диалектический закон отрицания отрицания. Вообще же система уравнений (88) исчерпывающе описывает все так называемые «законы» формальной и диалектической логики, т. е. эта система и есть сама линейная диалектическая логика, формализованная на единство универсальной информационной основе. При этом, поскольку мы употребляем термин «логическая связь» просто как сокращение для совокупности биологических, экологических, социологических и т. п. связей, система (88) линейно описывает всю совокупность законов природы. Что же касается традиционной логики как совокупности законов мышления, то она согласно излагаемой теории лишь более или менее адекватно отражает логические законы природы, причем степень ее адекватности измеряется только относительной информационной проницаемостью R_k — в случае поля существования; относительной целевой проницаемостью a_k — в случае поля движения и относительной скоростью распространения информационного поля $v_k=v/v_0=\sqrt{R_ka_k}$ — в самом общем случае.

Речь при этом идет лишь о принципиальной адекватности законов мышления законам бытия в философском смысле слова, т. е. о том, что бытие определяет сознание, что нисколько не исключает ошибочных суждений при R_k и a_k, малых по сравнению с единицей, когда логика мышления может приводить к фантастическим выводам. Из сказанного должно следовать, что в теории информационного поля относительная скорость его распространения, определяемая относительными проницаемостями R_k и a_k, выступает как формальный критерий истины. При $R_k = a_k = v_k = 1$ умозаключение абсолютно истинно, при $0 < v_k < 1$ истинность его составляет $100 v_k\,\%$, а при $v_k = 0$ умозаключение абсолютно ложно. Например, сравнивая (36) с законом Кулона $F = \frac{q_1 q_2}{4\pi\varepsilon r^2} = \frac{F_0}{\varepsilon_k}$ (где F — сила взаимодействия точечных зарядов q_1 и q_2; $\varepsilon_k \varepsilon_0 = \varepsilon$ — диэлектрическая проницаемость среды), нетрудно получить $F_0/F = Л_0/Л$, если только $\varepsilon_k = 1/R_k$; это значит, что закон Кулона абсолютно справедлив. Напротив, сравнивая (36) с законом Ньютона $F = \gamma \frac{m_1 m_2}{r^2}$, где $\gamma = 6{,}664 \cdot 10^{-11}$ м^3/кг$\cdot$с^2, получаем $F_0/FR_k = Л_0/Л$, т. е. закон Ньютона, вообще говоря, неверен и становится справедливым только после введения поправки R_k, учитывающей условия притяжения. Именно это и делает теория относительности, ибо закон тяготения Эйнштейна как раз содержит поправку $R_k = f(v_k)$, учитывающую условия (относительную скорость), в которых взаимодействуют массы. Чтобы исключить недоразумения, подчеркнем, что значения R_k, a_k и v_k измеряются только в процессе практики (как было со смещением перигелия Меркурия по закону Ньютона), которая посредством этих параметров выступает как критерий истины.

Система (88), в целом эквивалентная уравнению Даламбера $\Box H = -R\rho$, как видно из последнего, позволяет по заданному в определенный момент распределению в пространстве произвольно эволюционирующей информации предсказать вероятность связанных с этой информацией событий в любой точке пространства не только в данный момент, но и в любой последующий момент времени, т. е. содержит в себе пространственно-временной прогноз ситуации. Это значит, что в пространственно-временных координатах информационное уравнение Даламбера вполне пригодно и даже незаменимо при прогнозировании, например, погоды или ситуации в воздушном пространстве сильно загруженного аэропорта или, наконец, для шахматной игры, если, конечно, прибегнуть к тензорному анализу, учитывающему анизотропию шахматной логики, имеющую решающее значение.

Между тем, соответствующей заменой координат в уравнении Даламбера можно перейти к пространству любого числа и любой природы параметров, что позволяет прогнозировать с его помощью ситуации любого рода, включая социально-экономические и общественно-политические, при наличии, разумеется, соответствующей информации, которая пока далеко не всегда исчерпывающая.

Таким образом, предсказывая вероятность того или иного события, теория информационного поля выступает как модальная логика модального поля, описывающего диалектику возможности и действительности, причем тензор этой логики представляет собой сумму тензоров (61) и (84). Чтобы не выписывать громоздкую таблицу компонент этого тензора, воспользуемся общепринятым заданием тензора в форме обобщенной компоненты:

$$T_{ik} = E_i O_k + H_i D_k + 0{,}5\delta_{ik}\left[D^2\left(a - \frac{\partial a}{\partial \rho}\rho\right) + O^2\left(R - \frac{\partial R}{\partial \rho}\rho\right)\right],$$

где $\delta_{ik} = \begin{cases} 1, \text{ при } i = k \\ 0, \text{ при } i \neq k \end{cases}$ причем индексы i и k в декартовой системе координат могут пробегать значения x, y, z, или x_1, x_2, x_3. В последнем случае плотность логики информационного поля принимает вид

$$Л_i = \sum_{k=1}^{3} \frac{\partial T_{ik}}{\partial x_k}, \tag{93}$$

причем (93) отличается от (62) только формой записи.

Информационно-логическое поле в общем случае является полем целостного материального объекта, которое не сводится к простой сумме полей отдельных материальных свойств, составляющих объект. Иными словами, оно не сводится к сумме гравитационного, электромагнитного, теплового, акустического и других физических полей, но представляет собой синтетически целостное образование, обладающее (как видно из первой главы книги) свойствами, отличными от свойств образовавших его физических полей. В силу этого оно способно вызывать ощущения (чувство прекрасного, удовольствие, страх, комфорт, экстаз), которые порождаются свойством целостности материального объекта, не подверженным контролю методами физики, рассчитанными на выявление лишь элементарных составляющих целостности вне связи их между собой.

В частности, на этой основе могут получить объяснение все эффекты, связанные с биополем как целостным синтезом физических полей, не сводимым к ним и обладающим присущими только ему свойствами [9].

Список литературы

1. Ленин В. И. Материализм и эмпириокритицизм. Полн. собр. соч., т. 18.
2. Вентцель Е. С. Теория вероятностей. — М.: Наука, 1964. — 576 с.
3. Винер Н. Кибернетика. Пер. с англ. — М.: Сов. радио, 1968. — 326 с.
4. Денисов А. А. Теоретические основы кибернетики. — Л., Изд. ЛПИ, 1975. — 40 с.
5. Котарбинский Т. Трактат о хорошей работе. Пер. с польск. — М.: Экономика, 1975. — 270 с.
6. Месарович М., Такахара И., Мако Д. Теория иерархических многоуровневых систем. Пер. с англ. — М.: Мир. — 344 с.
7. Темников Ф. Е., Дмитриев В. И., Афонин В. А. Теоретические основы информационной техники. — М.: Энергия, 1971. — 424 с.
8. Шеннон К. Работы по теории информации и кибернетике. Пер. с англ. — М.: ИЛ, 1963. — 829 с.
9. Спиркин А. Г. Пути к непознанному. «Советская Россия», 1980, 6 января.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Анатолий Алексеевич Денисов

Информация в системах управления

Учебное пособие

Научный редактор *Б. М. Якобсон*

Редактор *Л. И. Романова*

Корректор *И. В. Тарасова*

М-32784. Сдано в набор 12.03.80. Подписано к печати 04.06.80.
Формат бумаги $60 \times 90^1/_{16}$. Бумага тип. № 3. Усл.-печ. л. 4,25.
Уч.-изд. л. 4. Заказ 292. Тираж 1500. Цена 20 коп.
Темплан 1980 г., поз. 1145.
Издание ЛПИ имени М. И. Калинина.
195251, Ленинград, Политехническая ул., 29.

Лаборатория полиграфических машин Ленинградского ордена Ленина политехнического института имени М. И. Калинина.
195251, Ленинград, Политехническая ул., 29.