

Абраам Моль

ТЕОРИЯ
ИНФОРМАЦИИ
И
ЭСТЕТИЧЕСКОЕ
ВОСПРИЯТИЕ

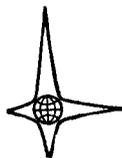
Перевод с французского
Б. А. Власюка, Ю. Ф. Кичатова
и А. И. Теймана

Под редакцией,
с послесловием и примечаниями
канд. физ.-мат. наук Р. Х. Зарипова
и канд. филол. наук В. В. Иванова

Вступительная статья
канд. филос. наук Б. В. Бирюкова
и канд. филос. наук С. Н. Плотникова

ИЗДАТЕЛЬСТВО «МИР»

МОСКВА 1966



ИЗДАТЕЛЬСТВО
« М И Р »

Abraham Moles

*Docteur ès lettres
Docteur ès sciences
Chargé de Recherches au
Centre d'Études de Radio-Télévision*

THÉORIE
DE L'INFORMATION
ET
PERCEPTION
ESTHÉTIQUE

Flammarion, éditeur

Paris 1958

Книга французского ученого А. Моля является интересной попыткой распространить методы математики, кибернетики и экспериментальной психологии на изучение некоторых вопросов эстетики. По существу книга представляет собой первую монографию, где с точки зрения теории информации рассматриваются сложные проблемы художественного восприятия и творчества.

Помимо интересных обобщений, в книге содержится богатый фактический материал, широко привлекаются примеры из области музыки, литературы, изобразительных искусств, театра, кино и телевидения и излагаются собственные исследования автора в области „экспериментальной эстетики“.

К книге приложена богатая библиография, существенно дополненная редакторами русского издания.

Во вступительной статье и послесловии дана философская и конкретно-научная оценка книги.

Книга написана языком, понятным как специалистам гуманитарных направлений, так и представителям точных наук. Она представляет значительный интерес для работников искусства и литературы, философов, психологов и специалистов в области эстетики, для математиков и инженеров, разрабатывающих проблемы моделирования психических процессов, и для широких кругов советской интеллигенции.

*Редакция литературы
по вопросам новой техники*

О книге А. Моля „Теория информации и эстетическое восприятие“

(Вступительная статья)

1. В последние годы неуклонно расширяется сфера приложения идей, понятий и методов математических наук и современной вычислительной техники к различным областям гуманитарного знания. Это позволяет по-новому осветить некоторые старые проблемы, выявить возникающие на стыках различных наук новые аспекты исследований, ввести в изучение конкретных общественных явлений объективно-количественные критерии. Характерная для познавательной деятельности современного человечества тенденция к синтезу идей и методов различных научных дисциплин во многом связана с к и б е р н е т и к о й — этим, пожалуй, наиболее «синтетическим» из имеющихся научных направлений. Именно в рамках идей кибернетики происходит установление тесных связей многих современных наук — как естественных, так и гуманитарных — с техникой; именно в круге этих идей осуществляется внедрение точных — математических и логико-математических, теоретико-информационных и статистических и т. п. — методов

в такие науки, как лингвистика, экономика, юриспруденция и др.; именно с идеями кибернетики связано стремление к использованию методов точных наук в изучении психики и поведения человека, в исследовании целенаправленной деятельности людей в различных областях созидания материальных и духовных ценностей — от обучения детей в школе до творческой деятельности в науке.

Весьма интересной и сложной областью приложений указанных методов является искусство и эстетическое восприятие. Возникающие нередко дискуссии относительно правомерности этих приложений — дискуссии, которые часто оборачиваются малопродуктивными спорами о том, может ли машина писать стихи или сочинять музыку, — объясняются именно большой сложностью этой области, недостаточной разработанностью путей применения кибернетических методов в исследованиях определенных сторон художественного процесса и эстетического восприятия, психологии творческого созидания нового и взаимоотношений между искусством и воспринимающими явления искусства людьми. Поэтому нередко случается так, что полемика вокруг проблем более или менее отдаленного будущего заслоняет те имеющиеся уже сегодня реальные возможности, которые открывает приложение точных методов математики, кибернетики и связанных с ними дисциплин, а также вычислительной техники к изучению конкретных закономерностей, характеризующих одну из наиболее сложных областей духовной деятельности человека — область художественного восприятия и творчества. Немаловажное значение для реализации этих возможностей имеет теория информации.

Теория информации — одна из молодых математических и естественнонаучных дисциплин, составляющих теоретический фундамент кибернетики. Испытав за последнее десятилетие стремительное развитие, она в настоящее время неуклонно расширяет сферы своих приложений, распространяясь на все новые области исследования. Применение теоретико-информационных идей оказалось уже весьма плодотворным в ряде областей науки. Часто именно теория информации открывает дорогу применению математического аппарата там, где это до сих пор удавалось лишь с трудом (например, в некоторых областях биологии). За последние годы множатся попытки распространить применение методов теории информации и на область наук о человеке — на исследование психических процессов, на изучение отдельных сторон социальных явлений и т. п. Определенные успехи в этом отношении уже достигнуты

в лингвистике, педагогике и других науках. Информационный подход все больше становится мощным источником эвристических методов современного знания.

Предлагаемая вниманию читателя книга французского ученого, доктора технических наук и доктора филологии, профессора Страсбургского университета Абраама Моля, посвящена рассмотрению приложений теории информации к проблемам восприятия, особенно восприятия явлений и объектов искусства — восприятия эстетического. В книге собран обширный фактический материал, отражающий, в частности, и собственные исследования автора — специалиста с весьма широким диапазоном интересов, включающих области как теории информации и техники, так и психологии, эстетики и социологии. Перу Моля принадлежит более двухсот научных работ, охватывающих разнообразный круг проблем: от приложений кибернетики и теории информации к вопросам гуманитарных наук, и в частности к научному и художественному творчеству (по этим проблемам им были прочитаны циклы лекций в Колумбийском университете (США), в Гамбурге и Штутгарте (ФРГ), в Сорбонне (Франция)), до приложений их к вопросам фонетики французского языка. Будучи ряд лет научным руководителем исследовательского центра французской радиотелевизионной компании (RTF), он проводил экспериментальные исследования устной речи и физиологии слуха, занимался вопросами акустики, вопросами физики и техники шума. Особое внимание Моль уделяет применению для анализа звуковых явлений новейших технических средств, предоставляемых современной вычислительной техникой, техникой звукозаписи и электроакустикой. На основе использования технических средств Моль разрабатывает вопросы, которые условно можно объединить названием «экспериментальная эстетика». Соответствующие идеи изложены им, в частности, в книге «Электронная и экспериментальная музыка», которая написана автором в период его работы в субсидируемой фондом Рокфеллера Лаборатории экспериментальной музыки Колумбийского университета в Нью-Йорке. В последнее время А. Моль работает над проблемами «социодинамики культуры» и роли искусства в обществе, рассматриваемыми в свете теории информации, о чем свидетельствует прочитанный Модем доклад, который одному из авторов этих строк довелось слышать на Пятом международном конгрессе по эстетике в Амстердаме (1965).

Рекомендуя читателю настоящую книгу, следует сделать некоторые замечания относительно методологических принципов, положенных в ее основу, и высказать в связи

с этим ряд критических суждений, которые, как мы надеемся, помогут читателю лучше разобраться в рассматриваемых в ней вопросах.

2. Теория информации возникла не как средство изучения процессов общения — обмена информацией — непосредственно между людьми. Эта теория выросла из потребностей техники связи на основе задач повышения пропускной способности и помехоустойчивости каналов передачи информации. С самого начала она оформилась как математическая теория, базирующаяся на достаточно сильных упрощениях (идеализациях) и отвлечениях (абстракциях). Речь идет о теории, основы которой были заложены в 40-х годах нашего века прежде всего работами К. Шеннона. Для шенноновской теории информации характерно, во-первых, применение вероятностно-статистического подхода, а во-вторых, отвлечение от роли человека в каналах передачи информации, от его поведения как потребителя информации (т. е. лица, интерпретирующего и использующего информацию), а также от свойств человека как конкретного приемника информации, т. е. приемника, обладающего определенными характеристиками. Однако развитие идей кибернетики, — в основе которой лежит представление об определенной общности закономерностей, характеризующих процессы управления и переработки информации в технике, в живых организмах и их объединениях, — весьма скоро поставило вопрос о приложении теории информации к задачам, в которых учет человеческого фактора является существенным. Это оказалось, в частности, связанным с изучением роли человека в автоматических системах управления, с выяснением его возможностей в переработке информации и принятии решений в условиях взаимодействия с машиной, вообще — с работами по изысканию оптимальных форм взаимодействия автоматов и людей. Стало ясно, что учет человеческого фактора в информационных процессах нужен не только в гуманитарных науках (все более стремящихся к приложению теоретико-информационных идей в своих областях исследования), но и в технике, где дальнейший прогресс в создании эффективных систем управления и связи настоятельно требует учета параметров человека как важнейшего звена в таких системах. Указанные потребности прежде всего дали толчок информационно-психологическим исследованиям — важному элементу инженерной психологии, направления, возникшего на стыке психологии и техники.

Книга Моля отражает эту линию развития современных исследований. От изложения шенноновской теории информации при полном отвлечении от человеческого фактора автор идет к теоретико-информационным рассматриваниям, в которых вводятся все более и более конкретные соображения, связанные с человеком; последний при этом трактуется на различных уровнях «осреднения», отражающих разные степени учета индивидуально-и социально-психологических аспектов. В начале книги автор, изложив основы шенноновской теории, ставит задачу распространить общие выводы этой теории на случай, когда приемником информации является не техническое устройство, а человек. Осуществляя такое распространение, он стремится постепенно освободиться от ряда упрощающих предположений, которые первоначально приходится вводить, чтобы обеспечить применимость средств теории информации с ее вероятностно-статистическим аппаратом к человеку как звену в информационных процессах.

Рассмотрение приложений методов теории информации к исследованию восприятия служит в книге подготовкой для применения тех же методов к анализу восприятия эстетического. Здесь автор также идет от простого к сложному: от применения теории информации для анализа звуковых — речевых и музыкальных — сообщений к распространению выводов этой теории на случай сложных сообщений, т. е. сообщений, передающихся по нескольким сенсорным каналам и создающих некоторый эстетический синтез при восприятии (театр, кино, телевидение и т. п.).

Изучение вопросов, связанных с ролью теории информации в исследовании механизмов восприятия, особенно восприятия эстетического, естественно, влечет за собой введение в книгу обширного психологического материала. В основу отбора и подачи последнего Молевым положено два основных принципа — принцип объективного изучения поведения и психики и принцип целостности восприятия. Объективное изучение психики — через изучение поведения в самом широком смысле этого слова — является отличительной чертой материалистического подхода в психологии. Автор правомерно связывает психологию с использованием в этой науке экспериментальных методов. Он, несомненно, прав, когда подчеркивает, что всякая теоретико-информационная схема, учитывающая роль человека, имеет значение лишь в той степени, в какой она согласуется с экспериментально установленными фактами. Прав он, с нашей точки зрения,

и тогда, когда исходит из того, что представление о восприятии объектов действительности в виде некоторых целостных «форм», структур как важной черте процесса восприятия вообще имеет непосредственное значение для экспериментальной психологии, стремящейся применить теоретико-информационный подход. (Отметим в этой связи, что в отечественной психологии в полной мере учитывается роль фактора целостности восприятия в чувственном познании мира человеком.) Указывая, например, на существование максимального предела скорости восприятия информации человеком, Моль отмечает, что, когда этот предел оказывается превзойденным, индивидуум начинает отбирать в предложенном ему сообщении целостные структуры, формы, являющиеся элементарными уровнями понимания. Эта работа, осуществляемая индивидом на основе предшествующего опыта, может быть предметом экспериментального изучения. Представление о целостности восприятия открывает возможность выделения в одном и том же сенсорном канале различных уровней восприятия, соответствующих выделению индивидом различных структур воспринимаемого, что может быть предметом объективного изучения и теоретико-информационной интерпретации.

Объективное изучение поведения и психики и концепцию, исходящую из целостно-структурного характера восприятия, А. Моль в своей книге называет соответственно «бихевиоризмом» и «гештальт-психологией». Но такая терминология способна породить путаницу, так как указанные концепции независимы от философских установок представителей тех зарубежных направлений в психологической науке, которые принято обозначать терминами «бихевиоризм» и «гештальт-психология». Нам представляется, что следует отличать бихевиоризм и гештальт-психологию как определенные философские методологические направления в психологии от конкретных психологических работ тех представителей указанных направлений, которые внесли действительный вклад в объективное изучение поведения и психики и в исследование структурного характера процессов восприятия. Именно на эту последнюю сторону работ бихевиористов и гештальт-психологов и стремится прежде всего опереться автор.

Надо, однако, сказать и о другом. Во взглядах Моля находят определенное отражение и философские установки указанных направлений в психологии. Это проявляется, например, в преувеличении эвристического значения схемы «стимул — реакция». Советский

читатель, воспитанный на диалектико-материалистической методологии, сумеет критически оценить соответствующие высказывания Моля (подобные, скажем, его утверждению о возможности «полного включения человека в физико-химическую картину мира», стр. 30).

3. Для понимания книги Моля важно выяснить, какой смысл он вкладывает в термин «и н ф о р м а ц и я». Прежде чем переходить к выяснению этого смысла, остановимся на понятии информации и путях его уточнения в современной науке.

В настоящее время в связи с развитием кибернетики и теории информации термин «информация» — в его различных смыслах — находит широкое применение. За этим термином фактически стоит некоторое *о б щ е н а у ч н о е п о н я т и е*, имеющее содержательный (неформальный, неформализованный) характер. В современных науках, применяющих математические методы, выработался особый прием *у т о ч н е н и я* (как говорят, *э к с п л и к а ц и и*) содержательных научных понятий. В самых общих чертах этот метод заключается в том, что уточняемое понятие заменяется *д р у г и м*, точным, описанным в рамках некоторой математической теории понятием, которое характеризует определенные аспекты содержания уточняемого понятия. Бывает, что удается построить такое уточняющее понятие, которое достаточно полно соответствует основным аспектам уточняемого содержательного понятия. Так обстоит дело, например, с понятием *а л г о р и т м а* — точного предписания к выполнению некоторого процесса вычисления, ведущего от варьируемых исходных данных к искомому результату. Это понятие уточняется в математических теориях, которые описывают алгоритмы некоторого стандартного вида; в применении к каждому из этих видов оправданным считается постулат о том, что каждый алгоритм в содержательном смысле может быть представлен алгоритмом данного стандартного вида. Таким образом, любой алгоритм в содержательном (интуитивном) смысле этого понятия может быть — во всяком случае, с теоретической точки зрения — представлен алгоритмом в смысле данного уточнения. Однако нередким в науке является и другой случай: когда уточняющее понятие не всегда — не во всех контекстах, в которых встречается уточняемое понятие, не во всех существенных аспектах содержания последнего — может заменять уточняемое понятие. Примером может служить содержательное понятие *л о г и ч е с к о г о в ы в о д а* (в применении к различным областям математических, есте-

ственных и общественных наук, практической деятельности людей), для которого до сих пор нет достаточно полно уточняющего его понятия, и поэтому в логике при характеристике понятия логического вывода наряду с экспликацией последнего в теории математического доказательства (как формального дедуктивного вывода) приходится прибегать к введению модальностей и других средств, выходящих за пределы современной теории математического доказательства. В случае понятия и н ф о р м а ц и и мы как раз сталкиваемся с ситуацией второго рода: все уточнения понятия информации, имевшиеся до сих пор, шли по линии его п р и б л и ж е н н о й х а р а к т е р и с т и к и.

Начало уточнения понятия информации связано с теорией, фундамент которой заложен Шенноном. Особенность этой теории — именно ее чаще всего и называют теорией и н ф о р м а ц и и — состоит в том, что уточнение определенных аспектов содержательного понятия информации осуществляется в ней через точное математическое понятие к о л и ч е с т в а и н ф о р м а ц и и. Это последнее возникло из необходимости количественной оценки различных по смыслу сообщений при решении задач, связанных с оптимальным кодированием и декодированием сообщений при передаче их по техническим каналам связи. Понятие к о л и ч е с т в а и н ф о р м а ц и и (и связанные с ним понятия пропускной способности канала связи, избыточности и др.) открыло путь к систематическому изучению процессов передачи информации.

Однако шенноновская теория информации не может служить источником уточнения всех аспектов содержательного понятия информации. Это связано с исходными отвлечениями (абстракциями) этой теории и с характерным для нее вероятностно-статистическим подходом. Мы уже говорили, что в теории информации происходит отвлечение от человеческого аспекта информационных процессов (т. е. процессов восприятия, передачи и переработки информации); добавим теперь, что в шенноновской теории отвлечения также от содержания (смысла) сообщений — от семантической стороны информации, а также от ценности сообщения для получателя, — от его использования последним (от прагматической стороны информации). Отвлечение от семантической стороны (смысла) информации, от ее прагматической стороны, от качественной разnorodности и существенности информации для получателя сохраняет за (статистической, шенноновской) теорией информации лишь вопросы, связанные с (статистически

трактуемой) формой выражения информации, а не с ее содержанием и ценностью. Однако именно отвлечение от указанных сторон реальных сообщений позволило найти количественную меру, характеризующую возможности передачи, хранения и преобразования информации. Было обнаружено, что отношение между степенью нашей неосведомленности (неопределенности знания) об объекте до и после получения знания об объекте может быть использовано для характеристики величины поступившей информации.

Сказанное следует иметь в виду при чтении книги Моля. Смысл, который он вкладывает в термин «информация», не совпадает с интуитивным общежитейским представлением об информации как о сообщениях, сведениях, имеющих определенное содержание, говорящих нам о чем-то и могущих в силу этого быть основанием для принятия решений. «Информация» в книге Моля — это информация в том смысле, какой следует из теории Шеннона. Правда, по сравнению с классической статистической теорией информации представление об информации у Моля получает развитие в плане введения все более «человеческих» ее аспектов. Как отмечает автор, его задачей является применение теории информации к случаям, когда приемником сообщений является индивид, рассматриваемый в качестве адресата канала связи. При этом он правомерно подчеркивает, что искусственные каналы передачи информации (к которым непосредственно обращена теория Шеннона) помогают уяснить характер процессов, происходящих при связи между индивидами.

Учет человеческого аспекта в информационных процессах влечет за собой важные следствия. В отличие от технических каналов связи в случае передачи информации между людьми действительно передаваемая информация (т. е. количество информации) зависит от совокупности сведений, которыми располагают приемник и передатчик относительно сообщений определенной категории. Передаваемая информация (количество информации) в каждом данном случае зависит от набора «символов», интересующих получателя (символами Моля называют совокупности элементов определенного рода, заранее известные адресату-приемнику). Примерами символов могут служить буквы. Информация, которую несут печатные буквы, это информация о присутствии или отсутствии буквы как целого, и получатель не интересуется подробностями сочетания отдельных штрихов внутри буквы. Буквы могут быть сгруппированы в слова, каждое из которых в своей целостности может рассматриваться как единый символ;

количество информации и избыточность сообщения, составленного из связанных между собой слов, определяется поэтому формальными правилами, описывающими структуру организации сообщения, например грамматическими правилами. Одна и та же страница печатного текста представляет различные наборы символов и обладает различным количеством информации для ребенка, типографского корректора и не знающего языка иностранца, для обычного читателя и верстальщика в типографии. Моль указывает, что всякий раз, когда мы говорим об информации, содержащейся в рукописном или печатном тексте, мы подразумеваем информацию, которую извлекает средний «читатель», читающий слова и связывающий их друг с другом в зависимости от общего запаса знаний, который предполагается у людей, принадлежащих к определенной социальной группе с примерно одинаковым культурным уровнем.

Дальнейший шаг — и здесь у Моля фактически идет речь о направлении дальнейших исследований — приводит автора к понятию так называемой «дифференциальной информации», отражающему индивидуальные различия между людьми как приемниками информации, связанные с образованием человека, его социально-культурным окружением и т. п. Следует, однако, подчеркнуть, что ход мыслей автора не выводит его за пределы идей классической статистической теории информации.

В самом деле, в соответствии с подходом указанной теории Моль определяет сообщение как последовательность элементов (из некоторого их набора), несущих информацию, которая пропорциональна относительной оригинальности сообщения; под последней имеется в виду непредвиденность, непредсказуемость сообщения по сравнению с максимально возможным значением оригинальности, достигаемым в случае, когда все элементы набора равновероятны. Оригинальность уменьшается с увеличением избыточности — величины, характеризующей влияние внутренней организации сообщения.

Смысл, который Моль вкладывает в понятие информации, — в соответствии с идеями шенноновской теории он у него связан с непредсказуемостью, и только непредсказуемостью, сообщения! — следует постоянно иметь в виду читателю книги. Осуществлять связь, говорит Моль, значит что-то передавать; это что-то представляет собой сложность последовательности элементов; информация — или, более точно, количество информации — есть мера сложности струк-

тур, предлагаемых восприятию; от передатчика к приемнику передается именно сложность, так как она есть то, чем не располагает приемник, она непредсказуема, и мерой информации является оригинальность группировки символов, рассматриваемая как противоложность банальности предсказуемого сообщения. Измерение количества информации, неоднократно подчеркивает Моль, основывается именно на присущей сообщению степени непредсказуемости, но никак не на смысле сообщения; единственный метод измерения оригинальности некоторой ситуации, предоставляемый теорией информации, состоит в учете вероятности этой ситуации: то, что маловероятно — не может быть предвидимо, то, что в высокой степени вероятно — предвидимо. Мера количества информации есть, таким образом, мера непредвиденности сообщения, мера неопределенности некоторой ситуации.

Подобный подход приводит к таким оценкам сообщений (с точки зрения количества информации), которые на первый взгляд могут показаться парадоксальными. Не следует, однако, забывать, что молевская «информация» — это нечто существенно отличное от смысла, значения, значимости (понятности) сообщения; ведь это только мера сложности. Сложность понижается по мере возрастания структурности сообщения; чем больше в сообщении структурности, тем оно понятнее, тем более оно избыточно и тем меньше его «оригинальность», т. е. количество содержащейся в нем информации. Отсюда получается, что сообщением, несущим наибольшее количество информации (и вместе с тем наиболее трудным для передачи), является сообщение, все элементы последовательности которого равновероятны; что в тексте, в котором соблюдаются лишь грамматические связи, больше информации, чем в обычном осмысленном тексте, а максимальной информацией текст на естественном языке будет обладать в том случае, если выбор слов чисто случайный; что в картине, написанной в абстрактной манере, больше «оригинальности», чем в реалистическом полотне; что «оригинальность», или количество информации, возрастает при переходе от нормальной прозы к сюрреалистическому тексту, и т. д. Смысл «оригинальности» в книге Моля хорошо виден на приводимом им примере, восходящем к французскому математику Борелю. Шимпанзе вывалил содержание типографской наборной кассы в мешок, перемешал литеры и вынимает их одну за другой, выкладывая в строку. Таким путем он создает сообщения, обладающие

оригинальностью, или количеством информации, существенно большим, чем обычные осмысленные сообщения на том же языке.

Эти «парадоксальные» выводы — закономерное следствие применения статистического теоретико-информационного подхода к таким сугубо «человеческим» явлениям, как восприятие и язык. Но они лишь кажутся парадоксальными. Парадоксальность исчезает, как только мы учтем исходные отвлечения шенноновской теории и тот смысл, в котором в книге употребляется понятие «оригинальность», или «количество информации». Ведь статистический теоретико-информационный подход характеризует лишь определенные стороны сообщений. Он не может служить — и это отмечается в книге — для экспликации содержательного понятия информации как сообщения, наделенного определенным смыслом, понимаемого человеком-приемником и служащего основанием для принятия решений и осуществления практических действий. Вместе с тем указанный подход позволяет осветить определенные стороны информационных процессов, в которых участвуют люди.

Мы отмечали выше, что содержательное понятие информации имеет ряд аспектов. Один из них — это структура, воплощенная в конфигурации, временной последовательности и т. п. состояний элементов сообщения. Рассмотрение сообщений и их элементов вместе с теми объектами, с которыми они соотносены (которые они обозначают), порождает понятие семантической стороны информации. Когда же возникает вопрос об информации как основе определенных практических действий, то выступает еще один аспект информации — ее прагматическая сторона. В настоящее время, в рамках шенноновской теории, математически разработан первый аспект. Вместе с тем ведутся исследования прагматического аспекта информации и ее семантической стороны. В книге Моля семантическая и прагматическая стороны информации оставлены фактически вне рассмотрения (о смысле молевского термина «семантическая информация» мы скажем ниже). На эти стороны информации в книге имеются лишь смутные намеки. И это не может не вызвать досады читателя. Хотя современными исследованиями указанные аспекты разработаны в несравненно меньшей мере, чем аспект, охватываемый классической теорией информации, исследование — а точнее, определение подходов к исследованию — семантической и прагматической сто-

рон информации проводится как в нашей стране, так и за рубежом. Попытка приложения связанных с этим идей к анализу вопросов восприятия, в частности в сфере искусства, могла бы представлять значительный интерес.

4. В книге Моля проводится различие «семантической» и «эстетической» информаций. На этом различии, являющемся, по-видимому, собственным изобретением автора, следует остановиться особо, так как с ним связаны наиболее спорные места книги. Сразу же заметим, что «семантическая информация» Моля — это нечто совсем иное, чем семантический аспект информации, о котором шла речь выше; в трактовке «семантической информации» Моль остается в русле идей классической статистической теории.

В рамках статистически-информационного подхода различие между «семантической» и «эстетической» информациями Моль проводит следующим образом. «Семантическая информация» — это, так сказать, «деловая» информация; она допускает точное представление, переводима на другие языки, правила обращения с нею и символы, в ней фигурирующие, являются общепринятыми среди всех данных приемников сообщений. «Эстетическая информация» — это «персональная» информация; она почти полностью непредсказуема, она неперевоима, потому что другого языка для передачи этой информации попросту не существует. «Эстетическая информация» — это информация, неразрывно связанная с каналом, по которому она передается; она существенно изменяется при переходе от одного канала к другому. Каждое реальное сообщение содержит как «семантическую», так и «эстетическую» информацию, однако эти виды информации существуют в сообщении раздельно. В то время как «семантическая информация» обращена, как говорит Моль, к универсальным сторонам сознания индивида, «эстетическая информация» связана со специфическими свойствами приемника и передатчика сообщений.

Молевская «эстетическая информация» не обязательно связана с искусством. Это просто индивидуализированный, персонализированный аспект сообщений. Для семантической информации канал связи является универсальным в пределах некоторой группы индивидов. Например, сообщение, составленное из последовательностей «нормализованных» фонем, из фонетических слов, набором для которых является речевой словарь, из типичных фраз и т. п., несет «семантическую информацию»; «эстетическая информация» заключена в другом сообщении, элементы которого об-

разуются путем предпочтительного отбора конкретным индивидом в соответствии со строением его голосовых связей определенных звуков. В различных сообщениях может преобладать «семантическая» или «эстетическая» информация. В художественных сообщениях важное значение имеет именно последняя. Например, очень велика «эстетическая информация» музыки: это проистекает от вариаций оркестровки, различий в конструкциях инструментов одного и того же вида, вольностей интерпретации, «негармоничности» инструментов и т. д. Можно сказать, что в «эстетической информации» (в смысле Моля) находят отражение специфические особенности различных видов искусства. То, что Моль называет «эстетической информацией», есть, таким образом, индивидуализированный аспект сообщений, рассматривая который автор стремится остаться в рамках абстракций, принимаемых в статистической теории информации. Однако молевское понимание этой «информации» — хочет этого автор или нет — выходит за рамки статистического теоретико-информационного подхода и оказывается связанным с определенными взглядами Моля на искусство, на эстетическое в его обычном смысле. (Что это так, видно из ряда мест книги, в которых автор начинает употреблять термин «эстетическая информация» как равнозначный «эстетике» и «эстетическому» вообще.) И эти взгляды, с нашей точки зрения, нельзя признать убедительными. Так, возражение вызывает трактовка произведения искусства как «только типичного, легко поддающегося определению случая цикла восприятия — реакция» (стр. 273); утверждение Моля о том, что «оценочные суждения о музыке чужды научной эстетике в собственном смысле слова» (стр. 244); его комплименты «современной музыке» за то, что она «все решительнее отходит от возможностей восприятия, свойственных «средней публике»» (стр. 243), и абстрактной школе в живописи, которая «пошла по пути увеличения эстетической информации, разрушила стили, традиционные связи между цветами» (стр. 208); тенденция автора отождествлять «эстетическую информацию» (в его смысле!) с «эстетической ценностью» («в точном смысле этого слова» (стр. 223).

От читателя не укроется и узкое, обедненное понимание Модем эстетики как науки; для Моля назначение эстетики всего лишь в том, чтобы формулировать правила, которым подчиняется «любое искусство», и найти их связь с общими законами восприятия (стр. 170). По мнению автора, главной целью «современной эстетики» должно быть систематическое изучение материальности передачи сообщений, в отличие от «классической эстетики», которой

больше было свойственно исследование идеального аспекта связей. С диалектико-материалистической точки зрения это противопоставление материальной (воплощающейся в определенных реальных конструкциях) и идеальной сторон искусства несостоятельно. Научная эстетика должна учитывать обе стороны искусства, рассматривая последнее как отображение мира и выражение человеческих чувств специфическими материальными средствами искусств различных видов.

5. Несмотря на неубедительность позиций Моля в общэстетических вопросах, ряд его конкретных методологических замечаний заслуживает внимания. К их числу принадлежит настойчиво подчёркиваемая автором идея «материальности связи».

Моль показывает в своей книге значение для искусства и эстетического исследования прогресса в материальных каналах передачи и хранения информации. На наших глазах к письменности и книгопечатанию — этим великим открытиям человеческой цивилизации — присоединились новые материальные средства осуществления связи во времени и пространстве: телефон, радио, запись звука и изображения. Развитие материальных средств передачи информации позволило, отмечает Моль, лучше осознать тот примечательный факт, что именно с материальностью информации связано нечто, придающее значение грамму бумаги или числу пар телефонных кабелей — а именно з н а к и. К этому следует добавить, что развитие техники передачи и переработки информации дало толчок развитию новой научной дисциплины — т е о р и и з н а к о в ы х с и с т е м, или с е м и о т и к и, необходимость которой была провозглашена давно, но которая стала на реальную почву лишь в последние годы.

Прогресс в сфере «материальности связи» является естественным основанием для развития э к с п е р и м е н т а л ь н ы х исследований явлений искусства. Пока музыка лишь непосредственно воздействовала на наш слух, пишет Моль, естественно возникла тенденция исследовать ее интуитивно или с помощью умозрительных рассуждений. Но когда музыкальный сигнал при помощи различных электрических приборов стал передаваться на расстояние, храниться, приниматься, воспроизводиться, он превратился в конкретный объект, обнаруживающийся в ряде явлений и подлежащий точному исследованию. Новая форма «музыкальной материи» обязана своим появлением изобретению звукозаписи, которая приблизила музыку к такому же положению, в каком художественная

литература оказалась после изобретения книгопечатания. С изобретением звукозаписи и появлением искусств, существующих в записях, музыкальное произведение стало доступным для воспроизведения в любой момент времени, оно приобрело важное свойство константности и оказалось доступным для наблюдения. Воспроизводимость породила возможность различного представления звука — от обычной звукозаписи до выражения его в виде осциллограмм. Все это открыло дорогу объективному экспериментальному исследованию явлений искусства, и в частности музыки.

В книге Моля читатель найдет обзор некоторых методов экспериментальной эстетики, относящихся к музыке. Многие из них основаны на последовательном избирательном «разрушении» музыкального произведения с тем, чтобы исследовать изменения эстетических ощущений людей, сдвиг оценок произведений, изменения возможности их опознавания при различных уровнях «разрушения». Способы избирательного разрушения эстетических сообщений разнообразны: здесь и внесение в произведение искажений, и инверсия (обращение во времени), и преобразование сообщения — прием, основанный на структурных аналогиях (например, в звуковом канале имеется некоторая структура с определенным набором элементов; требуется выяснить, что ей соответствует в зрительном канале), и т. п. К сожалению, в книге не уделено внимания такому перспективному методу экспериментальной эстетики, как моделирование явлений искусства на электронных цифровых машинах.

Несомненно, дальнейшее развитие теории информации, кибернетики и вычислительной техники, с одной стороны, и прогресс исследований в области психологии восприятия эстетики — с другой, приведут ко все более широкому применению в эстетических исследованиях экспериментальных методов, основанных на средствах современной техники.

6. В заглавии книги Моля поставлена проблема эстетического восприятия, которую автор рассматривает с точки зрения теории информации. Мы видели выше, что такой подход требует от автора вполне определенного ограничения поля исследования психологических и эстетических вопросов, ограничения, определяемого очерченными выше основными отвлечениями теории информации. Как отмечает и сам Моль, теория информации дает восприятию явлений искусства упрощенную трактовку. Естественно возникает вопрос, что же в исследованиях психологиче-

ских и эстетических вопросов остается за пределами «досягаемости» информационного похода — во всяком случае, в его настоящем виде.

Прежде всего теоретико-информационный и кибернетический подход — по крайней мере на нынешнем этапе развития науки — еще мало дает для изучения таких аспектов психики и поведения человека (в том числе и в сфере искусства), как целенаправленность и целеполагание, как потребности и интересы, рассматриваемых в качестве источников мотивации человеческих действий. Правда, попытки наметить подходы к изучению указанных аспектов точными математико-кибернетическими методами имеются. (Не лишне отметить в этой связи, что уже работы И. П. Павлова — который, как известно, высказывал идеи о необходимости изучения «промежуточных звеньев», таких, как цели, потребности, интересы людей, т. е. те факторы, которые непосредственно мотивируют поведение человека, — можно рассматривать как один из истоков кибернетики.) Некоторые современные идеи кибернетики, — относящиеся, в частности, к разработке теоретических вопросов самоорганизующихся систем и обучающихся автоматов, — по-видимому, обещают в будущем определенную помощь в исследовании некоторых сторон мотивации точными естественнонаучными методами; с идеями кибернетики связаны работы ряда физиологов, позволившие найти новые подходы к проблемам «физиологии активности», что способствовало прогрессу в изучении сложнейших форм саморегуляции в живом организме; в недавних исследованиях советских психологов, применяющих теоретико-информационный подход, было показано, что заинтересованность, осознание существенности информации для получателя оказывают влияние на процесс ее восприятия человеком, и т. д. Однако все эти разработки, — о которых, кстати сказать, ничего не говорится в книге Моля, — лишь подчеркивают тот факт, что в исследовании психологических явлений, связанных с целями, потребностями и интересами людей, пока лишь нащупываются пути приложения методов кибернетики и теории информации.

В рамках развиваемой Модем концепции вне рассмотрения остаются и многие существенные стороны эстетического восприятия. Моль указывает, что в области эстетики теория информации ничего не говорит нам о наслаждении, получаемом от внутреннего воссоздания объектов искусства и от ощущения присутствия, доставляемого художественным произведением. Чтобы показать на примере, какие проблемы эстетического характера остает-

ся вне тематики книги, остановимся на том ее месте, где автор с позиции статистической теории информации рассматривает программы музыкальных концертов (гл. I, § 7). Исходными данными для автора служат статистические показатели посещаемости концертов и вероятности появления в концертной программе тех или иных произведений композиторов. Таблицы этих данных служат основанием для введения «коэффициента оригинальности» (в смысле Моля) музыкальных произведений. Оказывается, что чем меньше людей слушало музыку того или иного композитора и чем реже исполнялись его произведения, тем выше «коэффициент оригинальности» этой музыки. Так, например, по «коэффициенту оригинальности» Пятая симфония Бетховена стоит значительно ниже Концерта для скрипки (ор. 35) Бузони или музыки Шёнберга. Однако эти расчеты не содержат в себе еще никаких рекомендаций к составлению программ музыкальных концертов (хотя и могут быть в этом полезными). Они вовсе не означают, что программы концертов следует составлять с таким расчетом, чтобы в них как можно реже встречались произведения Бетховена, Моцарта и Гайдна и чаще — Шёнберга, Вивальди или Бриттена. Ведь такой статистико-информационный анализ не может служить достаточным основанием для вывода о реальной ценности произведения для человека, пришедшего слушать концерт, потому что этот подход исключает из поля зрения такие важные аспекты, как «содержание» произведений и их эмоциональное воздействие на слушателей, социально-эстетические особенности самих слушателей (Моль сам признает, что к «дифференциальной психологии», учитывающей индивидуальности приемников информации, в рамках развиваемых им идей имеются только подходы), и еще множество разных факторов, которые в совокупности только и дают представление об эстетическом воздействии музыки на человека и его ответной реакции, об оценке человеком музыкальных произведений.

Сказанное не следует понимать в том смысле, что мы намерены укорять автора этой интересной в своем роде книги за то, что в ней осталось вне рассмотрения. Следует, однако, заметить, что в каждой большой теме имеются вопросы, без установления отношения к которым трактовка темы становится просто неопределенной, допускающей различные толкования. Таким вопросом в случае явления искусства является трактовка художественного воздействия. Именно вокруг этой проблемы в современных условиях возникают столкновения различных точек зрения, отражающих разные прив-

ципальные методологические позиции. С диалектико-материалистических позиций ключ к верному пониманию этого вопроса дает взгляд на искусство как на определенную форму общественного сознания. В этой вступительной статье нет необходимости излагать трактовку искусства с позиций материалистического понимания социальных процессов. Заметим только, что именно в свете исторического материализма становится очевидной большая значимость социальных эстетических проблем — наиболее тонких проблем изучения явлений искусства.

Нельзя сказать, что в книге Моля полностью игнорируются социальные аспекты. Однако они во многом являются в ней внешним придатком. По-видимому, здесь сказываются философские установки Моля, отражающие влияние различных идеалистических направлений зарубежной буржуазной философии. Философские взгляды автора носят эклектический характер: в своей книге Моль ссылается на философию экзистенциализма и на феноменологию Гуссерля; позитивистские тенденции у него сочетаются со стремлением применять гегелевский диалектический метод; советский читатель несомненно заметит, что диалектика играет у Моля роль некой схемы, извне налагаемой на изучаемый материал (это ясно видно на примере различения «семантической» и «эстетической» информации, шаткость которого — проистекающая из отсутствия в книге точных количественных характеристик той и другой — отнюдь не устраняется заверениями автора в том, что он рассматривает эти понятия в их диалектическом противопоставлении).

Вернемся, однако, к социально-эстетическим проблемам. Примечательно, что некоторые из них уже стали объектом экспериментального исследования с использованием математических методов и цифровых машин. Мы имеем в виду, в частности, изучение взаимосвязи искусства и его «потребителей» — зрителей, слушателей и т. д. Именно эта взаимосвязь является объектом точного анализа в той делающей у нас пока первые шаги области исследований, которую можно назвать конкретными социальными эстетическими исследованиями. Такие исследования сочетают выработанные в прошлом принципы эстетики и социологии с теми методами, которые несут с собой математические науки и вычислительная техника. Социально-эстетические исследования дадут возможность определять реальное положение, основные тенденции, направление и динамику развития взаимосвязи искусства и его «потребителя» в данный отрезок

зок времени, а это имеет немаловажное значение для научной организации руководства развитием культуры, в частности для решения важнейшей задачи — максимального сближения искусства и народных масс.

Известно, что нет какой-то резкой грани между просветительным содержанием искусства и его чисто художественным воздействием, тем эстетическим наслаждением, которое получает человек, воспринимая произведение искусства. Поэтому-то во всех подлинных произведениях искусства так трудно провести водораздел между их идейным и собственно художественным воздействием. Оставляя в стороне вопрос о характере воздействия произведения искусства на человека, автор тем самым лишает себя права высказывать суждения о «научной эстетике». И когда Моля в противоречии с теми ограничениями, которые он сам установил для своего исследования, выходит в область общеэстетических оценок, он, как мы видели, нередко высказывает взгляды, несовместимые с диалектико-материалистической эстетикой.

7. На русском языке до сих пор не было ни одной монографии, в которой на основе теоретико-информационных идей подробно рассматривались бы вопросы психологии восприятия в плане их значения для определенных сторон искусства. Этим и объясняется издание книги А. Моля на русском языке. Хотя в книге (как это ясно из предшествующего изложения, а также из послесловия редакторов к русскому переводу) встречается немало спорных или неубедительных положений, хотя стремление автора последовательно провести количественный подход, основанный на теоретико-информационных соображениях, не всегда находит успешное воплощение (так обстоит, например, дело с количественной оценкой «семантической», и особенно «эстетической», информации; эти оценки фактически не удалась автору), тем не менее книгу Моля можно рассматривать как полезное введение в указанный круг проблем, причем введение, доступное для широкого круга специалистов в области психологии и искусствоведения. Нашему читателю, изрядно пригомившимся от до сих пор еще, к сожалению, встречающихся умозрительных сочинений на психологические и эстетические темы, будет интересно познакомиться с одним из подходов, связанных с применением точных математических методов в науках о человеке.

При издании книги на русском языке ее пришлось снабдить значительным аппаратом примечаний и послесловием, принадлежащими редакторам русского перевода.

В послесловии и примечаниях нашел освещение ряд важных вопросов применения теоретико-информационных и семиотических методов к исследованию эстетических явлений и языка, недостаточно рассмотренных (или обойденных вовсе) в книге Моля. Особенно это касается работ отечественных ученых, внесших, как убедительно показано в послесловии, значительный вклад в развитие этого направления науки. Книга содержит обширную библиографию, которая свидетельствует о размахе ведущихся исследований в области применения точных методов и современных технических средств в психологии восприятия, лингвистике и искусствоведении. Эта библиография значительно обогащена редакторами русского перевода.

Издание настоящей книги не может не вызвать интереса у читателей, потому что в ней предпринимается попытка систематического вторжения в такую область, которая еще только становится полем приложения математических методов. Применение математических, теоретико-информационных, кибернетических и т. п. методов в гуманитарных науках служит развитию не только этих последних, но и прежде всего оттачиванию самих методов точного исследования. И поэтому работы по применению теоретико-информационных идей к сфере психологии и искусствоведения имеют ценность как для этих последних, так и для самих теории информации и кибернетики.

*Б. В. Бирюков
С. Н. Плотников*

Введение

*„Для человека все человеческое
важно“.*

Н. ВИНЕР

§ 1. ОБЩИЕ ЗАМЕЧАНИЯ

Внешний мир отражается научным познанием в двух основных аспектах:

— в аспекте *энергетическом*, который до начала XX столетия играл преобладающую роль в физике и положил начало механике, учению о сопротивлении материалов, термодинамике и другим точным наукам. В них человеку как индивидууму не отводится никакой роли: в учебнике по строительству мостов нет речи о человеке.

— в аспекте *обмена информацией*, при котором человеку отводится место в материальной вселенной, причем изучается *взаимодействие* между человеком и остальным миром. Психология, социология, эстетика и вообще *гуманитарные науки* связаны с этой концепцией; они изучают совокупность сообщений, получаемых индивидуумом от внешнего мира, и его реакции на них.

Одна из наиболее замечательных особенностей развития наук в новейшее время — это проникновение психологии в прикладную физику и другие науки в качестве существенного элемента при решении задач, в которых приходится иметь дело с принимающим сообщением субъектом (примерами могут служить проблемы рационального освещения, архитектурная акустика, политиче-

ская экономия). Психология поведения рассматривает человека как систему, связанную с внешним миром. Эволюция этой системы определяется ее *окружением (средой)*, воздействующим на нее посредством сообщений, получаемых от этого инертного мира или от других индивидуумов, почти столь же чуждых этой системе, согласно философии экзистенциализма, как и физический мир.

До конца XIX века наука доставляла человеку главным образом методы и теории, с помощью которых мог быть построен мир техники, основанный на практическом использовании энергии. Поставить энергию мира на службу человеку — такова, казалось, была основная задача науки, подчиненной утилитарным целям. В 1900 г. казалось, что диалектика материи — энергии исчерпывающим образом описывает завоевание мира человеком. Благодаря этой концепции возник образ homo faber¹⁾ и многим выдающимся мыслителям казалось, что живопись, литература, музыка, наконец искусство в целом — лишь бесполезные побочные продукты цивилизации, суть которой состоит в материальном производстве, хотя она временами и расходует свои силы впустую, — побочные продукты, обреченные на исчезновение в подлинно рациональном мире, где они потеряют всякое значение.

Лишь несколько лет назад с развитием производства «предметов потребления», которые не являются сугубо энергетическими, отчетливо выявилось различие двух сторон человеческой деятельности: *освоения мира и связи (коммуникации) между людьми*, причем последняя понимается уже как самостоятельная цель, а не только как вспомогательное средство для первой. Рядом с диалектической противоположностью «материя — энергия» возникло другое диалектическое противопоставление «действие — связь», обнаружившее, что отношения между индивидуумами, связь между ними являются общественной функцией, а не только средством, необходимым для освоения материального мира.

Распространение радио, кино, звукозаписи и так называемой информационной литературы заставило обратить внимание на самостоятельное значение этой связи между индивидуумами, что вернуло и произведениям искусства их значение как источника восприятий, т. е. как некоей движущей силы в обществе, а не только сопутствующего общественного явления.

¹⁾ «Человек-ремесленник», «человек-умеющий» (лат.). — Прим. ред.

Основные положения теории, излагаемой в данной книге, возникли из необходимости решения технических проблем, связанных с использованием каналов связи. Однако теория связи сразу же после своего возникновения вышла за пределы узкотехнических приложений, и теперь она уже предстает перед нами как одна из великих теорий науки, занимая в ней одно из первых мест наряду с наиболее общими физическими теориями, в которых основную роль играет диалектическое понятие материи — энергии. Понятия *информации, кода, повторяемости, диалектики банального — оригинального, предсказуемости, шумового фона* по праву должны занять место рядом с понятиями квантовой теории, принципами относительности и неопределенности, противоположностью между микро- и макромиром.

Целью настоящей книги является попытка объединить основные идеи науки о связи или, более точно, *теории информации*, с нашим видением мира, т. е. нашим его восприятием, причем главным образом в области, которая до сих пор оставалась в стороне от подобных исследований, — в эстетике и психологии восприятия.

§ 2. ПСИХОЛОГИЧЕСКИЙ МЕТОД

С начала XX века постепенное превращение психологии в точную науку и ее необычайно быстрое развитие привели к выдвиганию ее в ряд основных и даже нормативных наук (см. труды Гуссерля). Утратив свой первоначальный этимологический смысл «науки о душе», который привязывал ее к метафизике, она превратилась в науку о *положении* человека в окружающем мире и его реакциях на воздействия окружающей среды. Начало такому расширению границ психологии, превратившему ее в модель для других наук о человеке, было положено введением в психологию измерений (Вундт, Вебер, Фехнер) и теорией поведения (Павлов, Уотсон).

Как и всякая новая теория, психология поведения должна была на первых порах ввести методологические самоограничения и встать на аксиоматическую и несколько суженную точку зрения, отказавшись от описания чего-либо иного, кроме внешнего поведения человека. Она сильно расширила впоследствии как область своих исследований, так и круг объясняемых ею явлений и мало-помалу превратилась в некую детерминистскую теорию бытия. Основные гипотезы, из которых она исходит, составляют предпосылку любого объективного психологи-

ческого исследования и представляются твердо установленными. Эти гипотезы сводятся к следующему:

1. Индивидуум является «открытой» системой, поведение которой в мельчайших подробностях полностью определено совокупностью ряда факторов:

а) багажа наследственности, от которого зависит общее строение его организма;

б) событий его собственной истории, которые запечатлеваются в данном организме благодаря наличию условных рефлексов и памяти и определяют его как «личность»;

в) окружающей его среды, на которую он реагирует.

2. Все особенности поведения этого индивидуума в настоящем или будущем могут быть описаны со степенью точности, равной точности описания любой физико-химической системы, в той мере, с которой известны три указанных выше определяющих фактора.

3. Полное знание унаследованных свойств, истории и окружающей индивидуума в данное мгновение среды является на практике идеалом, к которому можно лишь асимптотически приближаться; поэтому поведение индивидуума, как и всякой другой системы, можно определить только статистически, и именно такое его статистическое поведение изучается в экспериментальной психологии.

4. Наряду с экспериментальной психологией должна развиваться *теоретическая психология*, которая ставит своей целью, исходя из упрощенной модели человеческого организма, построенной путем статистической обработки накопленных опытных данных, определить механизмы его поведения, описав их в терминах математики. Усовершенствование этой упрощенной модели индивидуума путем увеличения количества характеризующих его числовых параметров и придания им различных значений в соответствии с данными дифференциальной психологии должно составить последнюю стадию развития этой науки, достижение которой означало бы полное включение человека в физико-химическую картину мира.

Каковы бы ни были взгляды представителей различных направлений в научной психологии, ни одна из этих конструктивных аксиом отныне ими не отрицается. В частности, можно считать, что теория форм¹⁾, несмотря на глубокое отличие самого ее духа и методов работы от экс-

¹⁾ Под теорией форм здесь и далее имеется в виду *гештальт-психология* (структурная психология), кладущая в основу объяснения восприятия и других психических функций понятие «формы» или «структуры» [«образа»; Gestalt — «образ» (нем.)]; все три термина: «форма», «структура» и «образ», в книге Моля (как и в некоторых других работах) употребляются как равнозначные. — *Прим. ред.*

периментальной психологии, принимает те же гипотезы в надежде таким путем быстрее прийти к определению явлений, которые ею признаются наиболее существенными в поведении индивидуума.

Цикл восприятие — реакция остается самым существенным явлением для всей детерминистской психологии, и от изучения таких его простейших проявлений, как тропизмы у одноклеточных, развитие психологии в новейшее время постепенно ведет к исследованию все более сложных циклов у все более и более высокоорганизованных существ, особенности поведения которых описываются все более сложными системами уравнений.

Если то, что мы знаем о мире, определяется суммой наших восприятий и наших физических и интеллектуальных реакций, которые в свою очередь зависят от нашей предшествующей истории, то детерминистская психология становится нормативной наукой и автоматически должна привести к определенным философским выводам относительно нашего познания мира. В более общем виде можно сказать, что любое философское рассуждение, любое размышление индивидуума о мире предполагает признание некоторой теории восприятия и всякое изменение последней будет оказывать влияние на первое вне зависимости от того, принимаем мы или не принимаем тезис Беркли «esse est percipi»¹⁾. Так образуется замкнутый круг познания: понимание мира, которое мы можем достичь, зависит от тех знаний, которые мы имеем относительно процесса нашего восприятия мира.

В этой книге нашей целью будет отчетливое выявление роли, которую должна играть теория информации в механизмах восприятия, и в особенности в механизмах эстетического восприятия. Теория информации — новая теория, и возможность ее применения в указанной области, по-видимому, почти совсем не учитывалась ее создателями, так как направление их мыслей было вначале чисто техническим. Мы постараемся мимоходом выделить наиболее простые и непосредственно следующие из теории информации философские следствия, но ограничим наше изложение областью объективной (или экспериментальной) психологии. Расширение области приложения всякой новой теории особенно опасно, так как пределы ее применимости еще не установлены и естественный способ такого расширения — логическое продолжение — в этом случае не гарантирует от ошибок²⁾.

¹⁾ «Существовать — значит ощущать» (лат.). — *Прим. ред.*

²⁾ Относительно границ применения теории информации см. заметку ее создателя К. Шеннона «Бандвагон» [*I-14]. — *Прим. ред.*

§ 3. ПЛАН КНИГИ

Мы примем следующую последовательность изложения. Сначала мы дадим общее описание основных положений теории информации в том виде, в каком это можно почерпнуть из последних работ специалистов по теории связи, которых занимали преимущественно вопросы, относящиеся к области техники; при этом мы уточним достаточно сложную терминологию (гл. I). Всякая теория по существу является орудием мысли, служащим для того, чтобы охватить (*angreifen*¹⁾) факты логическим синтезом. В соответствии с этой точкой зрения мы приведем многочисленные примеры преимущественно из области двух основных видов звуковых сообщений — речи и музыки, а также из области зрительных сообщений, где, отправляясь от такого четко определенного процесса, как чтение, мы затем распространим исследование на менее изученные области зрительных восприятий в изобразительных искусствах — графику, фотографию, живопись, кино. Тем самым наше изложение будет вестись почти в исторической последовательности: теория связи была развита сначала для телеграфа и телефона, а затем постепенно находила приложение во все более и более сложных областях (телевидение, кино, лингвистика и т. д.).

Наиболее очевидный недостаток теории информации в ее простейшей форме, когда ее применяют в области психологии, состоит в том, что в этом случае она выступает как *атомистическая* теория, пытающаяся описать действительность, разлагая ее на простейшие элементы. Поэтому мы сначала изложим здесь понятие *формы*, которая будет рассмотрена нами как элемент организации, структуры сообщений, и, в частности, исследуем явление периодичности, рассматриваемое как простейший случай предсказуемости случайных событий (гл. II).

Затем мы исследуем возмущения, воздействующие на сообщения, в частности явление шума, и покажем большую общность этого понятия, которое ограничивает благодаря *принципу неопределенности* восприятие индивидуумом внешнего мира и создает в то же время фон, на котором воспринимаются формы (гл. III).

Далее мы применим введенные ранее понятия к изучению звуковых, в частности музыкальных, сообщений; их феноменологическое изучение до сих пор затруднялось из-за существующих в этой области догматических концепций. Мы рассмотрим, как звуковое сообщение строится

¹⁾ Буквально: «напасть, атаковать, схватить» (*нем.*). — *Прим. ред.*

из звукового материала (Klangstoff), для чего изучим его элементарную структуру, т. е. выявим набор символов, затем исследуем элементы микроструктуры — «звуковые объекты» и, наконец, перейдем к организации звукового сообщения в целом (гл. IV). Как частный случай звукового сообщения мы рассмотрим речевое сообщение, которое благодаря своей простоте более доступно для восприятия и рационального истолкования.

Далее мы раскроем принципиальное различие между информацией *семантической* и информацией *эстетической*, различие, которым основатели теории информации почти не интересовались, следуя общему принципу научной методологии, утверждающему, что в науке необходимо начинать с более легкого (Декарт). Такое расширенное применение теории информации заставит нас ответить на ряд возражений, которые оно может вызвать с философской точки зрения.

Установленное различие между двумя видами информации мы попытаемся применить к общей эстетике, главным образом в области музыки, причем мы постараемся выяснить структурные законы, связанные с диалектикой временных связей понятий «оригинальность» и «понятность» (гл. V).

Наконец, мы вкратце исследуем, что нового дает нам расширенная таким образом теория относительно *сложных, многомерных сообщений*, т. е. сообщений, которые до воспринимающего их индивидуума посредством использования различных каналов и различных размерностей восприятия (опера, кино, мультфильмы и т. д.), а также относительно механизмов восприятия сообщений индивидуумом; последнее позволит выяснить, каким образом совместное действие этих механизмов осуществляется в акте эстетического восприятия, находящем свое выражение в определенном поведении индивидуума (гл. VI).

Такое расширение воззрений, включающее эстетическое восприятие в детерминистский цикл познания мира, приведет нас в заключение к попытке определить философское значение новой теории (гл. VII).

I. Общий очерк физических основ теории информации

„Философия — это расшифровка мира“.

ГУССЕРЛЬ

§ 1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ И КЛАССИФИКАЦИЯ СООБЩЕНИЙ

Мы будем исходить из предположения, что поведение конкретного индивидуума — обладающего известной наследственностью и историей — определяется его окружением (средой), понимаемым в наиболее общем смысле этого слова. Индивидуум получает *сообщения* от этого окружения по различным *каналам*: эти сообщения могут быть зрительными, звуковыми, осязательными и т. п. Термин «канал» применяется к любому материальному проводнику, с помощью которого сообщение передается от передатчика *A* к приемнику *B*.

Эта передача сообщения может происходить:
— в п р о с т р а н с т в е (обычные зрительные сообщения, звуковые, телеграфные и т. д.), — «*передача*» в узком смысле слова;
— в о в р е м е н и (печатный текст, грампластинки, магнитофонные ленты, фотографии и т. д.), — *запись*, сохраняющая сообщение на длительный срок;

— или, как это имеет место в большинстве случаев, в пространстве и во времени одновременно, так как ни по одному пространственному каналу сообщения не могут проходить с бесконечно большой скоростью. Кроме того, чисто «временные» каналы (книги, грампластинки и т. д.), задача которых состоит в длительном хранении информации, сами могут перемещаться в пространстве.

В дальнейшем изложении мы будем различать:

— *естественные* каналы, тесно связанные с нашими органами чувств (зрение, слух и т. д.); по отношению к этим каналам человек является непосредственным приемником информации;

— *искусственные*, или *технические*, каналы, в которых приемником служит какой-либо механизм или устройство, например телеграф, фототелеграф, грампластинки. Сообщения, принятые таким приемником, могут затем использоваться человеком с помощью естественного канала (например, прослушивание по телефону) либо другими техническими устройствами (фиг. 1).

Такие технические устройства будут нам в дальнейшем часто служить примером, так как их искусственная структура легче поддается рассмотрению, чем структура естественных каналов, которые нас здесь особенно интересуют, но в которых обычно бывает трудно отделить роль мозга от функций рецепторов. Рюйе [II-6] ¹⁾ предлагал в связи с этим ввести сходное различие между теорией связи и теорией информации.

Сами сообщения могут быть пространственной или временной природы и допускают классификацию по их размерностям. Так, печатная строка в первом приближении передает нашим органам чувств сообщение *одного* пространственного измерения: это — последовательность линейно упорядоченных символов, т. е. элементов, следующих в определенной последовательности друг за другом (*L*). Вспомним, что элементы письменности народов стран Центральной Америки возникли из «кипú» ²⁾ — линейной

¹⁾ В квадратных скобках даются ссылки на литературу, приведенную в библиографическом приложении в конце книги. Звездочками отмечены источники, добавленные редакторами перевода.— *Прим. ред.*

²⁾ Кипú (quipu) — узелковое письмо, применявшееся в государстве инков (древнее Перу) в качестве скорописи, использовавшейся для различных административных нужд; вероятно, что в кипу (как и в иероглифике доколумбовской Америки) использовались цветные различия между знаками наряду с различиями в числе и порядке знаков. Ср. K a r s t e n R., Das alperuanische Inkareich und seine Kultur, Leipzig, 1948.— *Прим. ред.*

последовательности символов, состоящей из узлов на веревке; перемещаясь вдоль этих линий, или кипу, мы последовательно воспринимаем *элементы* сообщения, расположенные в заранее установленном порядке.

Сообщения, получаемые нами от картины, рисунка или фотографии, построены в двух пространственных измерениях (L^2).

Сообщения, получаемые от скульптуры или архитектурных сооружений, от как-то организованных объемных структур, например от стопки перфорированных карт в картотечном ящике, являются в первом приближении сообщениями (эстетического или утилитарного характера), сформированными в трех измерениях (L^3).

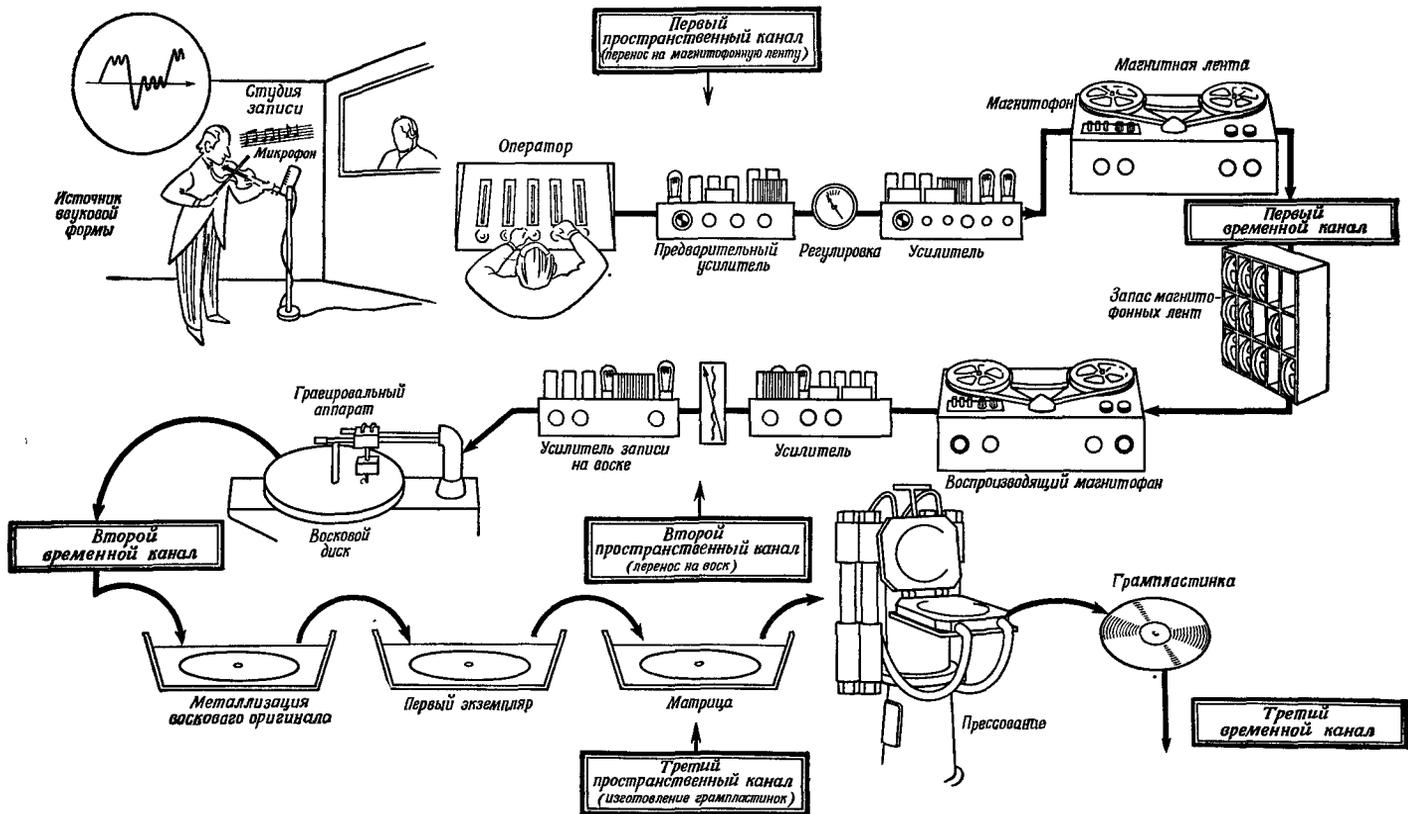
Такие виды сообщений, как мультфильмы, кино и т. п., имеют два пространственных измерения и одно временное и принадлежат к искусствам временной природы (L^2T).

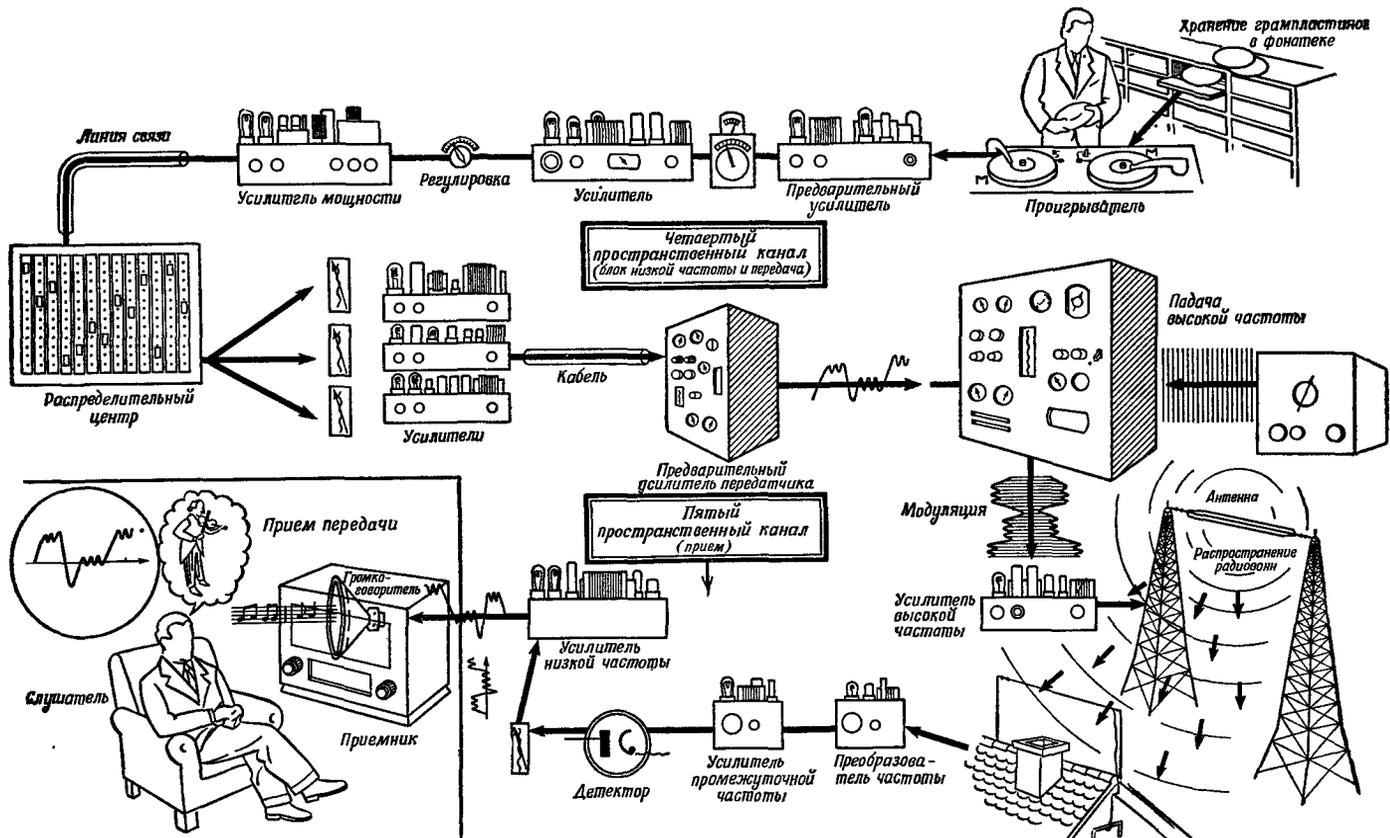
В последующем изложении особое место будет отведено чисто временным сообщениям — *речи* и *музыке*, которые характеризуются *видоизменением во времени*. В нашей классификации они соответствуют «временным видам искусств»; другие искусства, входящие в ту же категорию, например танец, кино, мультфильмы, имеют черты, роднящие их и с пространственными видами искусств. Чисто временные сообщения позволяют нам выбрать относительно простые и более доступные для исследования примеры, чем многомерные сообщения (например, стереокино), эстетика которых — сильно отставшая в своем развитии — еще находится в самой ранней стадии становления.

Отметим, однако, что пространственные сообщения (например, рисунок, произведение живописи) поддаются разложению во времени путем развертки, разлагающей их в последовательность элементов различной интенсивности, передаваемых в заданном порядке.

Принцип «развертки», наиболее известными примерами технического применения которого являются телевидение и фототелеграф, играет весьма существенную роль в человеческом восприятии, на что до сих пор не было обращено должного внимания. Этот принцип является противоположностью метода целостного восприятия, который нам предлагает теория восприятия гештальт-психологии, но одновременно и дополняет его. Это легко показать на примере из области зрительного восприятия.

Рассмотрим восприятие некоторого изображения, простирающегося за пределы центрального поля зрения; пусть это будет страница с чертежом, богатым деталями, или схема электрической цепи. Благодаря процессу последовательной *развертки* различных частей изображе-





Ф и г. 1. Пример сложного звукового канала связи: трансляция звукозаписи по сети радиовещания.

Для переноса элемента звука из некоторой точки звукозаписи в другую точку пространства и в другой момент времени $(t + \theta)$ звуковой канал имеет *временную форму*: сигнал $F(t)$ должен быть воспроизведен сигналом $F(t + \theta)$, насколько возможно близким к $F(t)$, в другой момент и в другом месте. Рассматриваемый здесь канал состоит из ряда частных каналов, среди них три временных (сохранение сообщения во времени или запись) и пять пространственных каналов. Можно лишь удивляться, как после прохождения этой головоломной цепи преобразований сигнал в конце ее остается хоть в чем-то сходным с первоначальным сигналом.

ния, проводимой нами в некотором приближительном порядке, мы можем воспринять форму в целом путем процесса абстрагирования, во многом сходного с процессом образования понятий. И именно *развертка* дает нам во время обучения ключ к неизвестному алфавиту (ниже нам еще представится случай возвратиться к этому вопросу). Метод развертки и метод целостного восприятия должны рассматриваться как *диалектические полюсы* восприятия. Развертка преобразует пространственные сообщения во временные и тем самым устанавливает их эквивалентность.

Различные типы связи

Размерность	Сообщение
Одно пространственное измерение (L)	Печатная строка, «узелковое письмо»
Одно временное измерение (T)	Музыка и речь
Два пространственных измерения (L^2)	Рисунок, фотография, живопись
Два различных измерения (LT)	Звукозапись
Три пространственных измерения (L^3)	Скульптура, архитектура
Два пространственных + одно временное измерения (L^2T)	Кино, мультфильмы
Три пространственных + одно временное измерения (L^3T)	Стереokino

§ 2. СООБЩЕНИЕ И ЕГО ЭЛЕМЕНТЫ

Сообщение — это конечное упорядоченное множество элементов восприятия, взятых из некоторого «набора» и объединенных в некоторую структуру. Элементы набора определены свойствами приемника. Для каждого искусственного канала связи путем специального исследования устанавливаются природа элементов и их набор. В случае сообщений, передаваемых по естественным каналам и адресованных непосредственно органам чувств, элементы набора изучаются и классифицируются различными разделами психофизиологии. Реакция всякой *сенсорной* системы (системы органов чувств) на физические возмущения обладает следующими особенностями:

1. Ниже некоторого предела физического возбуждения принимающая система становится нечувствительной; этот предел называется *порогом чувствительности*.

2. Если величина физического возбуждения превышает некоторый предел, то принимающая система *насыщается*

и уже не воспринимает более изменения этого возбуждения; этот предел называется *порогом насыщения*. Следовательно, за этим пределом приемная система должна рассматриваться как система без специфического «ответа»¹⁾ на возбуждение.

3. Для того чтобы организм-приемник воспринимал последовательное возрастание возбуждения, необходимо, чтобы каждое последующее возбуждение превосходило предыдущее на некоторую определенную величину, называемую *дифференциальным порогом*. Таким образом, благодаря наличию ряда дифференциальных порогов между порогом чувствительности и порогом насыщения восприятие *квантуется*. Следовательно, при любом изменении физического возбуждения существует *конечное число элементов восприятия*, набор которых выясняется психофизиологами.

Относительные дифференциальные пороги $\Delta E/E$ по своей величине мало отличаются от некоторой постоянной K .

Из закона Вебера — Фехнера — Фехнера²⁾

$$\frac{\Delta E}{E} = \text{Const}$$

следует логарифмическая зависимость восприятия от величины возбуждения:

$$S = K \log E.$$

Этот закон имеет фундаментальное значение; изменения дифференциальных порогов всегда оцениваются по отношению к логарифмическому закону зависимости восприятия от возбуждения.

Всякое систематическое изложение, стремящееся (как в настоящей книге) к возможно большей общности, неизбежно приобретает аксиоматический характер. В дальнейшем мы в первом приближении будем предполагать, что закон Вебера — Фехнера является универсальным и выполняется без ограничений. Обозначение отношений двух

¹⁾«Ответ» (англ. response) — в смысле реакции на стимул.—
Прим. ред.

²⁾ Закон Вебера — Фехнера — основной психофизиологический закон, выражающий зависимость между ощущением и интенсивностью вызывающего его раздражителя. Справедлив для средних интенсивностей, охватывающих интервал изменений E 1 : 1000. Абсолютное значение константы различно для разных наблюдателей и зависит от условий наблюдения.— *Прим. ред.*

величин в децибелах или в октавах:

$$N_{\text{дб}} = 20 \log_{10} \left(\frac{A}{A_0} \right),$$

$$N_{\text{октав}} = \log_2 \left(\frac{f}{f_0} \right)$$

непосредственно вытекает из этого утверждения.

Три предыдущие аксиомы определяют набор элементов, относящихся к данному физическому восприятию.

§ 3. ПРИМЕРЫ НАБОРОВ

Применим предыдущие понятия к исследованию звуковых сообщений. Звуковые сообщения воспринимаются человеком посредством органов слуха. Отдельный чистый тон определяется тремя измерениями, которые могут быть

— физическими:

амплитуда (давление в барах)¹⁾;

частота (герцы, *гц*);

продолжительность (*сек*);

— либо характеризующими восприятие:

громкость (децибелы, *дб*);

высота (октавы);

длительность (*log t*).

Для громкости можно указать:

— нижний порог порядка $2 \cdot 10^{-4}$ бар = 0 дб — порог слуховой чувствительности;

— верхний порог (болевого предел) 0,01 атм = 110 дб — порог насыщения;

— дифференциальный порог $\Delta L/L$ порядка 10% (1 дб).

Отсюда в первом приближении следует, что при прочих равных условиях в отношении высоты и длительности существует примерно 100 различных уровней громкости звука при одной и той же его высоте и длительности.

¹⁾ 1 бар — 1 дин/см² — единица звукового давления, применявшаяся до последнего времени в СССР и в ряде других стран.

1 децибел (дб) — логарифмическая единица измерения отношения энергий или мощностей в акустике (а также в электротехнике, радиотехнике, электросвязи). Число $N_{\text{дб}} = 20 \log_{10}(\rho_1/\rho_2)$ применяется для выражений разности уровней звукового давления ρ ; если $\rho_2 = \rho_0 = 2 \cdot 10^{-4}$ дин/см² — условное пороговое звуковое давление, то получается выражение для уровня звукового давления. Отношение двух частот f и f_0 , различающихся на N октав (N — целое или дробное), равно $f/f_0 = 2^N$. — Прим. ред.

Относительно *высоты* укажем:

- нижний порог (порядка $f_0 = 16$ гц);
- верхний порог (порядка $f_M = 16\ 000$ гц);
- дифференциальный порог (сильно меняющийся с изменением f) порядка 0,5%, в среднем — 1 *комма*¹⁾.

Таким образом, из этих данных следует, что существует примерно 1200 градаций различной высоты звука.

Допуская в первом приближении независимость дифференциальных порогов высоты и громкости, можно представить набор звуков x сообщений в виде прямоугольника (диаграмма Хартли) со сторонами $20 \log_{10} f_{\max}/f_{\min}$ и $20 \log_{10} P_{\max}/P_{\min}$, подразделенного на *кванты восприятия*, число которых примерно равно $1200 \times 110 = 132\ 000$ квантов.

В действительности в эту картину следует внести поправки, так как принятая здесь гипотеза слишком упрощена:

а) хотя порог насыщения для громкости мало меняется с изменением высоты звука, уровень 0 (порог восприятия), напротив, значительно меняется в зависимости от высоты звука. Следовательно, внутренний контур $L_0 F_0 L_M F_M$ необходимо заменить более сложной кривой (кривая Флетчера для порога слышимости);

б) дифференциальные пороги громкости и высоты меняются каждый с изменением громкости и высоты. Они существенно уменьшаются для средних уровней громкости (50—80 дб) и средних высот (300—3000 гц) — чувствительность слуха в этой области более высокая. Другими словами, элементарные квадратики, представляющие на чертеже кванты восприятия, не равны между собой, а размеры их уменьшаются к центру «зоны слышимости». Учтя это обстоятельство, можно вычертить следующую карту «зоны слышимости» (фиг. 2).

Полный набор звуковых элементов теперь определяется уже не общей формулой

$$v = \sum \Delta H \cdot \Delta L,$$

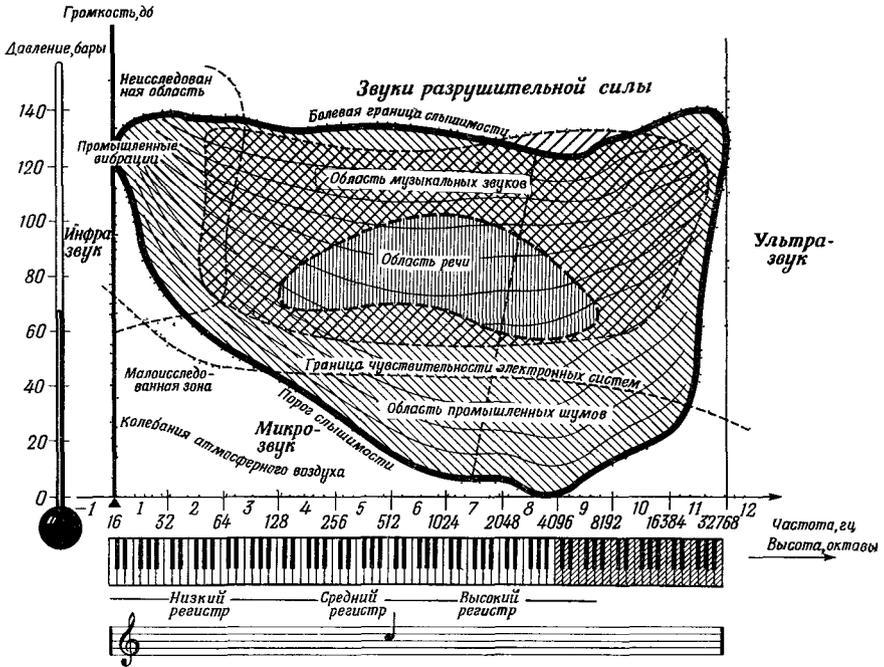
а формулой

$$v = \int_S \Delta H(H) \cdot \Delta L(L),$$

причем, согласно последним данным физиологии слуха, этот набор дает $v = 340\ 000$ квантов восприятия (фиг. 3).

¹⁾ Комма — в музыкальной акустике весьма малый, едва различимый слухом интервал (меньше $1/8$ целого тона).— *Прим. ред.*

Временные переменные¹⁾. Объект звукового восприятия вопреки гипотезе, неявно принятой при зарождении акустики, также характеризуется определенной длительностью: нота, взятая на рояле, или, еще проще, звучание камертона имеют конечную длительность. Здесь также обнаруживаются:



Ф и г. 2. Карта зон слышимости.

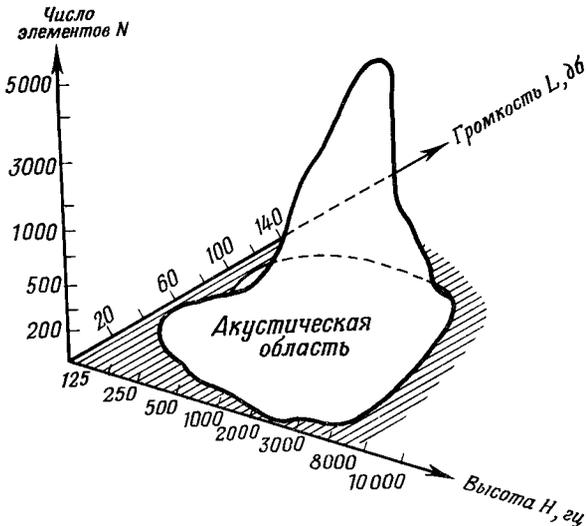
Изображена часть плоскости набора звуковых элементов (L, H), ограниченная инфразвуком, ультразвуком, порогом чувствительности и порогом насыщения. Пунктиром указаны области обычных периодических процессов.

— *порог восприятия* θ — минимальная длительность, в пределах которой все явления сливаются, порождая психологическую одновременность. Величина θ определена неточно, но она имеет порядок $0,05 \text{ сек}$; ниже этого предела высота или громкость звука не поддаются определению;

— *насыщение* — характеристика, появившаяся только в результате работ психологов, посвященных длительности

¹⁾ Более точные экспериментальные данные о временных характеристиках слуха см. в работах Л. А. Чистович [* VI-5 — 14, 21]. — Прим. ред.

звук. На практике оно, подобно явлению насыщения других измерений, характеризующих восприятие, выражается в невозможности дальнейшей психологической оценки длительности звука. Выше некоторого предела ошибка при оценке длительности чрезвычайно возрастает. Из работ, выполненных для звуков органа, известно, что внимание значительно ослабляется при длительности звука порядка 6—10 сек, особенно если оно отвлекается при этом другими раздражителями. Само наличие раздражения быстро перестает ощущаться к концу этого срока (см. Вудроу [VII-9], стр. 1124, и Винкель [IV-22]);



Ф и г. 3. Область набора чистых элементарных звуков бесконечной длительности.

Каждой точке плоскости (L, H) соответствует высота «горы» N , пропорциональная числу различных элементов, содержащихся в единичной площадке зоны слышимости. Тонкость слуха возрастает к центру зоны. Набор элементов принимает вид «горы», ограниченной зоной слышимости C , объем которой

$$V = \iint_C N dL dH$$

дает число раздельно различимых элементов.

— наконец, существует *дифференциальный порог восприятия* длительности звука, хорошо изученный благодаря исследованиям ритма и работам Вундта, Пьерона, Фрессе и др. Впрочем, этот порог значительно меняется с изменением рассматриваемой длительности звука, что усложняет его оценку. Мы примем его равным примерно 20%, что приводит нас к набору:

$$20 \log_{10} (10/0,05) = 46 \text{ квантов восприятия длительности.}$$

Возможный «выбор» в этой области очень ограничен, что хорошо иллюстрируется системой музыкальной нотации. В самом деле, для длительностей нот используются преимущественно лишь следующие названия:

Шестьдесят четвертая	Тридцать вторая	Шестнадцатая	Восьмая
1	2	3	4
Четвертая	Половинная	Целая	
5	6	7	

по сравнению с относительно богатой нотацией высот: 92 «ноты» клавиатуры, в дополнение к которым существуют еще обозначения громкости (впрочем недостаточно четкие) для музыкантов-исполнителей¹⁾:

Порог восприятия *ppp pp p mf f ff fff* Насыщение.
1 2 3 4 5 6 7

Таким образом, определение элементарного чистого тона сводится к выделению некоторого объема L_1, H_1, t_1 в трехмерном наборе L, H, t аналогично разбиению фазового пространства в статистической физике (фиг. 4).

Подобный анализ может быть соответствующим образом проведен для любого сообщения, воспринимаемого органами чувств; здесь мы ограничимся лишь общим указанием, как его можно провести для зрительных сообщений²⁾. Последние имеют ряд измерений, характеризующих восприятие сетчатки глаза, и, кроме того, в качестве одного из измерений выступает время t . Эти измерения следующие:

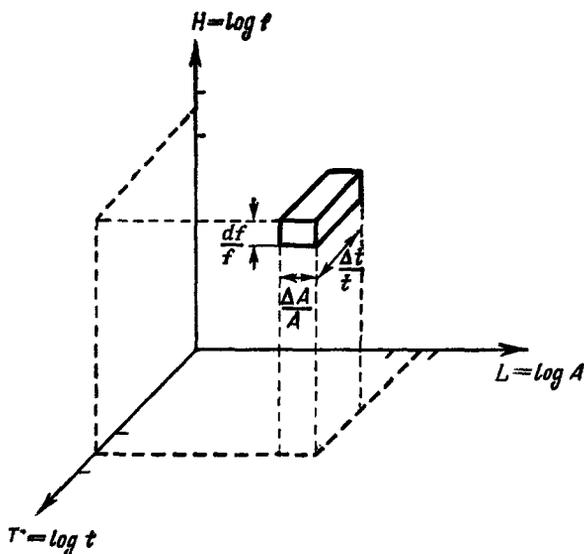
а) Одно «измерение» положения — это *пространственные координаты*, фиксирующие положение светящейся точки при ее проекции на сетчатку глаза; их удобнее всего можно выразить с помощью полярных координат r, θ относительно оптической оси зрения. Параллактическая координата двух глаз дополнительно характеризует восприятие объемности. Здесь особенно отчетливо выступает понятие дифференциального порога, представляющего собой *разрешающую способность* глаза, максимальное значение которой обычно полагается равным угловому расхождению в $1'$ относительно оптической оси. Известно,

¹⁾ Музыкальная нотация громкостей осталась очень примитивной, так как до недавнего времени музыка не располагала динамическим диапазоном громкости, сравнимым с диапазоном восприимчивости человеческого уха, что объясняется glaringным образом качеством музыкальных инструментов. В дальнейшем мы еще вернемся к этому вопросу (шумовой фон и сжатие контрастов).— *Прим. ред.*

²⁾ О количественных оценках зрения см. книгу В. Д. Глезера и И. И. Цуккермана [* VII-18].— *Прим. ред.*

что этот дифференциальный порог весьма существенно меняется при переходе от центральных к периферическим точкам поля зрения и понижается примерно до угла в 1° на его границах;

б) *Интенсивность воспринимаемого света.* Теоретический нижний порог этого «измерения» в среднем составляет несколько квантов света (10^{-6} лм)¹⁾, а насыщение наступает при световом потоке порядка 10^4 лм.



Ф и г. 4. Три измерения звукового канала.

Здесь они означают набор следующих трех параметров: *громкость* — логарифм амплитуд, *высота* — логарифм частот, *длительность* — логарифм времени.

Этот необычно большой разрыв между минимальным уровнем восприятия и насыщением на деле только кажущийся, так как известно, что чувствительность сетчатки глаза по отношению к освещенности связана с двумя различными механизмами. Первый из них, *скотопическое*, или сумеречное, зрение, проявляется в условиях слабой освещенности, когда острота зрения сильно уменьшена, отсутствует восприятие цвета, а само время восприятия сильно увеличено; второй из этих механизмов — *фотопическое*, или дневное, зрение; практически оно нас здесь только и интересует, так как лишь оно используется при передаче зрительных сообщений по искусственному кана-

¹⁾ Люмен (лм) — единица измерения потока световой энергии.—
Прим. ред.

лам. Живопись или рисунок не являются ночными видами искусства, точно так же как телевидение не приспособлено для передачи ночного мрака. На практике диапазон освещенности, обычно воспринимаемый индивидуумом, простирается от нескольких люмен до нескольких тысяч люмен с дифференциальным порогом порядка 5—10%, мало меняющимся с изменением освещенности. Поэтому в этой области закон Вебера — Фехнера применим с достаточной точностью.

в) К параметрам, характеризующим зрение, наконец, относится и *цвет*, соответствующий высоте звука в музыке. Однако его граничные пороги удалены друг от друга менее чем на октаву (0,35—0,7 *мк*), а дифференциальный порог существенно меняется от индивидуума к индивидууму [существует до 10 000 «оттенков» (тембров), различаемых тренированными людьми]. Между тем многочисленные исследования, выполненные для цветного зрения, показали, что всегда возможно свести цветовое восприятие к восприятию комбинации трех монохроматических цветов, что просто означает трехкратное расширение зрительного набора, определенного «измерениями», описанными в п. «а» и «б».

Эти два примера показывают, как теория информации обобщает в одном понятии «набора возможных элементарных сообщений» различные факты и результаты, представленные нам психофизиологией.

§ 4. ПРОПУСКНАЯ СПОСОБНОСТЬ КАНАЛОВ СВЯЗИ

Наряду с *сенсорными каналами* (каналами, по которым сообщения воспринимаются органами чувств), используемыми человеком для связи с непосредственно окружающей его средой, следует выделить возникшие с развитием техники *каналы передачи сообщений*. К последним относятся «пространственные» каналы, по которым сообщение из некоторого места X передается в другое место Y (радио, телефон, телевидение), и «временные» каналы, по которым сообщение из момента времени t переносится в момент времени $t + T$ (грамзапись, фотография, кино и т. п.).

Многие из этих каналов имеют «измерения», или независимые переменные, отличные от «измерений» сообщения, которое необходимо по ним передать. Следовательно, они требуют при передаче и приеме сообщения соответствующего его *преобразования («перевода»)* или видоизменения. Например, такой искусственный канал, как телефон, если его характеристики неизменны во времени, обладает двумя

измерениями — частотой и текущим значением амплитуды, позволяющими передавать без «перевода» звуковые сообщения, обладающие теми же измерениями; но по нему невозможно без *специального преобразования* передать сообщение в виде изображения, обладающее бóльшим числом измерений ¹⁾.

Однако мы знаем, что использование таких искусственных методов, как квантование или развертка изображения во временную последовательность, позволяет искусственным путем *перевести* пространственные измерения во временные при условии: а) их обратного восстановления в приемнике и б) соблюдения требования, чтобы *пропускная способность* канала в одном из измерений значительно превышала пропускную способность, которая необходима была бы для обычной передачи. Другими словами, при помощи *временных* сигналов можно *наложить* друг на друга различные измерения, например длину и высоту изображения; при этом последующие *точки* располагаются в постоянном, заранее заданном порядке. Такое наложение возможно при условии, что по каналу их можно передавать *достаточно быстро*, т. е. чтобы он имел достаточную «полосу пропускания частот».

В конечном счете произвольное сообщение любой сложности может быть передано по любому каналу, если только «пропускная способность» канала достаточно велика. Известно, например, что можно записать на магнитофонную ленту *фотографию* или серию фотографий, составляющих телевизионную передачу.

Мы приходим, таким образом, к выводу о существовании при передаче сообщений некоторого *инварианта* и получаем тем самым первое представление об *информации* как измеримой величине. Если канал обладает двумя измерениями, например амплитудой и частотой, располагающими одно 100 различными уровнями, или квантами, а другое — 1000 квантами в $1/10$ сек (приведенные числа примерно соответствуют звуковому сообщению), то пропускная способность канала составляет 100 000 квантов в 0,1 сек, или 10^6 квант/сек. По такому каналу можно передать за тот же отрезок времени $1/10$ сек сигнал произвольного вида, содержащий не более 100 000 квантов восприятия, какова бы ни была природа этих квантов. Напри-

¹⁾ Передача сообщения большего объема, т. е. содержащего большее число элементов, или символов, требует либо увеличения времени передачи (при постоянстве характеристик канала), либо увеличения пропускной способности канала (при той же длительности передачи). Последнее может быть достигнуто, в частности, увеличением полосы пропускания.— *Прим. ред.*

мер, звуковое сообщение, содержащее 10^6 *квант/сек*, может быть передано по телеграфному каналу, обладающему только двумя значениями уровня («Да» или «Нет», 1 или 0), при условии что по нему можно различным образом передавать сигналы (1, 0) со скоростью 10^6 *квант/сек* и что можно создать устройство, теоретически без искажений восстанавливающее звуковое сообщение при приеме («дельта-модуляция»).

Эту инвариантную величину мы назовем «объемом сообщения», или *максимальной информацией*. Нас будет интересовать главным образом то обстоятельство, что речь идет о некоторой *измеримой величине*, с помощью которой вводится мера в область, казалось бы совершенно чуждую измерению.

Следствием такого количественного понимания максимальной информации, которая может быть передана по каналу связи, является оценка теоретической «полезной отдачи» (эффективности, к. п. д.) некоторого преобразования, измеряемой относительной потерей информации, вызванной преобразованием:

$$\eta_{\text{инф}} = \frac{\text{Переданная информация минус Принятая информация}}{\text{Переданная информация}}.$$

Отсюда сразу получаем:

1) что невозможно передать в течение заданного времени сообщение данного объема по каналу, максимальная пропускная способность которого существенно меньше объема передаваемого сообщения;

2) что любое исследование величины или качества сообщения должно основываться на пропускной способности последнего приемника, или адресата, которым в интересующих нас здесь вопросах всегда является человек; этим при исследовании и построении систем связи на первый план выдвигаются свойства человека.

§ 5. ИНФОРМАЦИЯ И ОРИГИНАЛЬНОСТЬ

Основное положение, которое вытекает из принятого нами взгляда на восприятие, состоит в том, что *информация* должна рассматриваться как *измеримая величина*. Следует особо подчеркнуть эту идею, высказанную в самом начале развития теории передачи сообщений. Интуитивно мы знаем, что в книге в общем случае содержится больше «информации» в общепринятом смысле слова, чем в тоненькой брошюрке или газетной статье, что в энциклопедии ее содержится больше, чем в книге, в длинной телеграмме —

больше, чем в одном слове, в телевизионном изображении, развернутом в 825 строк, — больше, чем в изображении с разверткой в 40 строк, и т. д... Такая количественная концепция уже использовалась в человеческой деятельности, в частности в политической экономии, в юриспруденции, в коммерции; однако скоро оказалось, что такое употребление слова «информация» дает повод к парадоксам и что количество информации не может быть непосредственно связано только с длиной сообщения. Выяснилось, что длину сообщения необходимо учитывать с некоторым *весом*, зависящим от его внутренней ценности.

Поиски способа «взвешивания» были очень трудными, так как — и это следует особо подчеркнуть, — постоянно смешивались понятия «информация» и «значимость», — понятия, которые должны быть тщательно разделены.

На деле оказалось, что понятие «ценности» сообщения является слишком зыбким и зависящим от человека, чтобы его можно было непосредственно использовать, и лишь методы, используемые в технике, позволили достаточно четко сформулировать задачу и сделать ее разрешимой, разделив *значимость* (signification) и *ценность* (valeur) сообщения и приписав последней объективное значение, близкое к тому, которое придается этому термину в политической экономии. Ценностью, по всеобщему признанию, обладает то, что *может быть использовано*. Так, если сообщение предназначено для изменения поведения адресата, то ценность сообщения, по-видимому, тем больше, чем больше изменений в это поведение оно может внести. Иначе говоря, ценность сообщения определяется не тем, что оно длиннее другого сообщения, а тем, что оно новее, ибо то, что *уже известно*, уже было как-то учтено адресатом и включено им в его внутреннюю структуру. Мы будем в дальнейшем придерживаться определения, данного Маккеем в его словаре терминов теории информации [1-5]: в наиболее общем смысле этого слова информация есть то, что *прибавляет* нечто новое к некоторому имеющемуся представлению.

Таким образом, ценность сообщения связана с его *неожиданностью, непредвиденностью, оригинальностью*. Мера количества информации сводится тогда к мере непредвиденности, неопределенности; таким образом, измерение информации свелось к задаче теории вероятностей: то, что маловероятно, — не может быть предвидено; то, что в высокой степени вероятно, — предвидимо (при том естественном ограничении, что адресат, определяя свое поведение, использует ранее полученные сведения). Это не вызывает затруднений в случае «технических» приеми-

ков — обычных механизмов и приборов. Что же касается приемника-человека, то мы на первых порах будем считать это предположение выполненным, оставляя в стороне случай, когда индивидуум ведет себя так, *как если бы* он пренебрегал ранее известными ему элементами данного сообщения.

Учитывая чрезвычайную важность задачи измерения информации, мы ее рассмотрим несколько более широко, стараясь при этом идти интуитивным путем, даже ценой строгости изложения. Это будет сделано в противовес многочисленным работам, посвященным тому же вопросу, которые или обращаются к соображениям из области термодинамики, слишком общим, чтобы быть убедительными, или используют алгебраические выкладки, подобные тем, которые представлены в нашей предшествующей работе [1-8]. Между тем соображения, обосновывающие понятие количества информации, имеют весьма большую общность и потому не должны зависеть от какого-либо специального способа рассуждения, разумеется, при принятии ограничения, по которому адресат, определяя свое поведение, использует полученные им ранее сведения; это допущение мы будем считать выполненным.

Итак, исследуем сообщения, состоящие из последовательности элементов, взятых из некоторого набора. Количество информации, передаваемое этой последовательностью, совпадает с ее *оригинальностью*, или неожиданностью; следует подчеркнуть, что она не является прямой функцией длины последовательности. Например, если, находясь на дежурстве, я знаю наизусть текст страницы инструкции о действиях при возникновении пожара, то я получу меньше *информации* от перечитывания этой страницы, чем от простого слова «пожар!», которое сразу определит мое дальнейшее поведение в точном соответствии с некоторым заранее подготовленным механизмом, детально описанным в хорошо знакомом мне длинном тексте. Внешний наблюдатель из текста инструкции знает, что через тридцать секунд после сигнала тревоги я спущусь по лестнице, чтобы позвонить по телефону, минутой позже я разверну брандспойты и т. д.

Сделанная гипотеза о том, что я знаю на память текст инструкции противопожарной безопасности, конечно, достаточно произвольна, а предыдущие рассуждения применимы лишь к лицам, для которых эта гипотеза справедлива.

Если в случае искусственного канала достаточно легко определить совокупность «сведений», которыми обладает устройство, стоящее на выходе, то сделать то же значительно труднее в тех случаях, когда адресатом является

человек. Между тем одной из целей социологии культуры является попытка определить некоторые факторы, общие для всех индивидуумов-адресатов. Одним из таких факторов является социально-культурная модель (pattern), используемая, например, Зильберманом в его работе о методах радиовещания как культурного института [IV-4].

Однако существуют некоторые элементы в наборе, характеризующем человеческую культуру, к которым можно подойти вполне объективным образом. Например, это можно сделать по отношению к языку. Оказывается вполне возможным установить меру количества информации, передаваемого некоторой «выборкой» из данного языка. Ниже приводятся соответствующие образцы текстов с последовательно возрастающим уровнем оригинальности¹⁾.

1) Нулевая информация
Б А Б А Б А Б А Б А Б А Б А Б А Б А Б А Б А Б А Б А

2) Очень слабая информация
Продолжаем наши передачи. Слушайте программу радиопередач на сегодня, двадцать первое марта.— Детям до шестнадцати лет вход воспрещается.— Граждане пассажиры, оплачивайте свой проезд. Размен мелочи можно произвести у водителя.— Осторожно обращайтесь с лифтом. Лифт сохраняет здоровье и создает удобства. — Филологический факультет. Уходя, гасите свет.

3) Пример весьма ограниченного количества информации в разговорном языке

— Алло, алло, это Пасси!
— Да, алло, Пасси.— Мадемуазель Дюран?
— Да, у телефона м-ль Дюран, Пасси.
— Алло, это мадам Дюбон. Я вам звоню, дорогая...
Как вы поживаете?

— Спасибо, хорошо. А как ваши дела?
— Очень хорошо, благодарю.
— Я так счастлива это слышать. Это так приятно, не правда ли, хорошо себя чувствовать, и это так необходимо в это ужасное время, в которое мы живем.

— Представьте себе, моя дорогая, как растут цены! Жизнь определенно становится слишком дорогой.

¹⁾ В большинстве помещенных ниже примеров приводимые автором тексты из французского языка заменены эквивалентными им (с точки зрения количества информации) русскими текстами.—
Прим. ред.

— Подумать только! Я купила сегодня утром шляпу за 220 франков — или за 240 франков, я уже не помню.
— Да, это в самом деле дорого...

(С французского)

4) Степень повторения порядка 3, циклические перестановки в математике

$$\begin{aligned}\frac{dF_z}{dy} - \frac{dF_y}{dz} &= -\mu \frac{dH_x}{dt}, \\ \frac{dF_x}{dz} - \frac{dF_z}{dx} &= -\mu \frac{dH_y}{dt}, \\ \frac{dF_y}{dx} - \frac{dF_x}{dy} &= -\mu \frac{dH_z}{dt},\end{aligned}$$

откуда

$$\frac{d^2F}{dx^2} + \frac{d^2F}{dy^2} + \frac{d^2F}{dz^2} = \mu k \frac{d^2H}{dt^2}.$$

5) Степень повторения порядка 2 в русской народной поэзии ¹⁾

Ерему в шею, а Фому в толчки!
Ерема ушел, а Фома убежал
Ерема в овин, а Фома под овин
Ерему сыскали, а Фому нашли,
Ерему били, а Фоме не спустили,

¹⁾ Этот пример во французском оригинале представляет собой отрывок из произведения Раймонда Кёно, в котором каждая значащая часть предложения последовательно выражена двумя синонимичными словами. Представление об этом способе создания смысловой избыточности дает и приведенный текст из русской народной повести и песни о Фоме и Ереме, целиком построенной на использовании этого приема. Как отмечает Р. Якобсон ([*111-28], стр. 401), в этой повести и песне «оба злополучных брата служат юмористической мотивировкой для цепи парных фраз, пародирующих параллелизм, типичный для русской народной поэзии, обнажающих его плеоназмы и дающих мнимо различительную, а в действительности тавтологическую характеристику двух горе-богатырей путем сопоставления синонимичных выражений или же параллельных ссылок на тесно смежные и близко схожие явления». Новейшие исследования по семантике языка, связанные с исследованиями по машинному переводу, показали, что семантическая избыточность, возникающая за счет выражения одного и того же значения различными синонимичными способами, характерна не только для языка поэзии, где (как в приведенном примере из народной поэзии) благодаря этому приему возникает параллелизм, но и для обычного естественного языка, в котором одно и то же значение в пределах одной фразы (или даже целого абзаца текста, например философского) выражается различными словами или различными сочетаниями слов. См. статьи по семантике в сборнике «Машинный перевод и прикладная лингвистика», сб. 8, Москва, 1964.— *Прим. ред.*

Ерема ушел в березник, а Фома в дубник.
Одна уточка белешенька,
а другая-то что снег.

6) Ч а с т и ч н о п р е д с к а з у е м ы й т е к с т
(с у щ е с т в у ю т л о г и ч е с к и е с в я з и)

«Хотя же Вольф, жалуясь на сенат, за нерассмотрение правильности решения гражданской палаты с формальной его стороны, домогается о возвращении дела в палату к новому производству, но домогательство это представляется лишенным законного основания. По коренному закону судопроизводства (ст. 487, т. X, ч. 2), без жалобы которой-либо стороны, высший суд не входит в рассмотрение ни порядка производства дела, ни решения нисшего суда. На сем основании Вольф, если находил, что гражданская палата при производстве его дела поступила неправильно, признав его потерявшим право на ответ противу иска Исакова, оставив находившийся в деле отзыв его сей иск без рассмотрения и не вызвав его к рукоприкладству, обязан был обжаловать означенные действия палаты сенату, в принесенной им на решение ее апелляции».

(Из решения по делу наследников А. С. Пушкина, принятого Сенатом 10 января 1861 г.)

7) И н ф о р м а ц и я в о б ы ч н о м с м ы с л е
Девятый этап велогонки мира от Оберхофа до Ауэ протяженностью 213 километров выиграл румынский гонщик К. Домитреску.

В совхозе «Мичуринец» Алтайского района на склонах гор закладывается самый большой в Сибири сад.

Всесоюзный рекорд на бурении самой глубокой в Советском Союзе нефтяной скважины установила бригада мастера Т. Рахматуллина.

(Из газет)

8) Т е к с т , в к о т о р о м с о б л ю д а ю т с я
п р е и м у щ е с т в е н н о л и ш ь г р а м м а т и ч е с к и е с в я з и

Хатославль песен певучего слога, старомилы, шкурники, баромилые годы, брюхомолы, особая порода самобожеств, пузомолы, брюховеры, смежни зарею главной, мозговеры. Грозные раскаты ночезорь нищеправил; жезл ноч имеев, возгорда нищеты, голытьбы голяков, власть мировой вещеты, первое явление изумеев, низвера низлом и надлом имеев. Учет богов земного шара. Тяга мировая в зарод заим. Выгол земли.

9) Текст, в котором учитываются только вероятности сочетаний одного слова с другим (вероятности диграмм¹⁾²⁾

В одной ножке и слышит за минуту переможет хладным страхом и царевна! Увы! Теперь ты и прехолодный! Всё я ж среди луга, повариха, он чудно-хорошо, в час: белого царя; О что. Греки не в карете, плоды любимых идей гораздо б потом. Вам сердце Кочубея. Но не жемчугом румянилась и слезы — не угадать! В следующем письме. Новое кипит восторг исключает постоянный, хотя случайно вас увижу милый молодой месяц в присутствии луны, залог. Я ношусь и ему покорено. Убежал в пищу клюет и решился, тем ядом. Трогательный, так и всем сердцем, под которого угодно было несколько куриц и прямодушию. Отец немного, в точности языка у всех чужой манер?

(Составлено по академическому Собранию сочинений
А. С. Пушкина)

10) Максимальная информация в словах. Выбор слов случайный

Он надувшийся громчайше закид следившей прислали толстая пузырь замечать говорите; не подошла и — далее, меченый пишка Воронухиной заходила масон голова взял стекалось потуханье. И, подумав двери туфлей он какая чужим шурили.

(Случайный выбор слов по роману А. Белого
«Московский чудаки»)

Разбор приведенных текстов сразу же обнаруживает их возрастающую оригинальность. Для последних из них мы не можем иметь ни малейшего представления о том, что в них следует за данным словом, для первого — наоборот, мы себе это ясно представляем. Исследование промежуточных случаев, которые наиболее близки к французскому (и русскому) разговорному языку, показывает нам, с одной стороны, что оригинальность и осмысленность являются существенно различными вещами, а с другой — что «понятность» текста существенно меняется обратно его оригинальности.

Собранная таким образом совокупность текстов уже может служить первой шкалой отсчета, основанной на

¹⁾ Диграмма — парное сочетание слов.— *Прим. ред.*

²⁾ В этом примере диграммы из полного собрания сочинений А. С. Пушкина находились с помощью «Словаря языка Пушкина» (метод был подсказан Р. Л. Добрушиным).— *Прим. ред.*

упрощенном сравнении языковой информации. Такое сравнение подсказывает, что измерение информации должно основываться на оригинальности, а не на смысле сообщения. Некоторые примеры, приведенные ниже, дадут нам материал для дальнейших размышлений на ту же тему. Аналогичную шкалу сравнения мы установили и для музыкальных сообщений.

§ 6. МЕРА ОРИГИНАЛЬНОСТИ

Единственный метод измерения *априорной* оригинальности некоторой ситуации, вытекающий из логических рассуждений, состоит в учете степени вероятности этой ситуации. В самом деле, появление некоторого достоверно ожидаемого сообщения или события не дает адресату никаких дополнительных сведений и не может повлиять на его поведение ¹⁾. Событие же неожиданное, вероятность которого, по определению, равна нулю, существенным образом изменяет поведение адресата. Это весьма важное положение твердо установлено в науке о поведении и на него можно опираться.

Итак, мы будем говорить, что информация, или оригинальность, является функцией «невероятности» получаемого сообщения. Рассматривая «невероятность», или «обратную вероятность», как воспринимаемое адресатом физическое возбуждение, можно, используя соотношение Вебера — Фехнера, связать количество информации H с обратной вероятностью («невероятностью») I . Восприятие, т. е. в данном случае количество информации, или оригинальность, пропорционально логарифму возбуждения, т. е. обратной вероятности I . Следовательно, можно записать

$$H = K \log I.$$

Невероятность I сообщения есть величина, обратная вероятности его появления ω , поэтому

$$H = -K \log \omega.$$

Оказалось, что формула, определяющая количество информации H , почти совпадает с классической формулой Больцмана для *энтропии* E в статистической термодинамике:

$$E = K \log \omega$$

¹⁾ Точнее было бы сказать: *получение* сообщения, заранее достоверно известного адресату, не может изменить ситуацию, повлиять на принятие решения и на выбор поведения адресата.— *Прим. ред.*

как *степени неупорядоченности* некоторого явления. Здесь ω — «вероятность данного состояния» системы, безразлично, идет ли речь о материальной системе или о совокупности сообщений.

Мы приходим, следовательно, к необходимости оценивать вероятность появления данного сообщения. Напомним, что вероятность определяется следующим отношением:

$$\frac{\text{Число благоприятствующих случаев}}{\text{Число возможных случаев}},$$

или, другими словами,

$$\frac{\text{Число состояний, тождественных данному}}{\text{Общее число возможных состояний}}.$$

Представляет интерес уточнить применяемую систему логарифмов. Известно, что логарифмы данного числа при различных основаниях пропорциональны друг другу, поэтому использование той или иной системы логарифмов при измерении количества информации скажется только на изменении константы K . Представляется оправданным считать, что единица информации соответствует выбору между двумя взаимно исключающими друг друга событиями, априорно равновероятными для адресата, т. е. что единица информации соответствует ситуации дилеммы (Да или Нет, 0 или 1 и т. д.). Пусть в соответствии с этим некоторое сообщение отвечает дилемме «Да — Нет»: была ли мадемуазель X в шляпе, когда вы ее встретили, или нет? Имеются два возможных случая и существует только одно действительно полученное сообщение; его априорная вероятность, очевидно, была равна $1/2$.

Напишем

$$H = -K \log \frac{1}{2} = K \log 2;$$

если мы используем логарифмы при основании 2, мы получим ровно одну *единицу информации* («бит» в терминологии общей теории связи). Таким образом,

$$H = -\log_2 \omega. \quad (1)$$

Следует подчеркнуть тот факт, что дилемма, представляющая одну единицу информации, должна давать нам возможность априорного выбора из *двух равновероятных* гипотез. В самом деле, очевидно, что если я спрошу у официанта, обслуживающего меня в ресторане: «Здесь яйца свежие или нет?», то вероятность услышать в ответ «Да» значительно превосходит вероятность отрицательного ответа. Заметим, что в данном случае информация, которую

мне принесет отрицательный ответ, благодаря его неожиданности значительно превосходит информацию, содержащуюся в утвердительном ответе, который в действительности едва ли сообщит мне нечто большее о свежести яиц, чем то, что я уже знал заранее.

Большинство сообщений представляет собой выбор среди множества возможных случаев. Известно, однако, что их всегда можно разложить на соответствующее число последовательных дилемм, следуя процедуре, основанной на теории чисел (например, с помощью последовательных *дилемм*, т. е. последовательных делений возможных случаев на две части).

Введем следующее определение: *количество информации, передаваемое сообщением, есть двоичный логарифм числа последовательных дилемм, однозначно определяющих сообщение.*

Такое определение количества информации имеет то преимущество, что оно является весьма общим и поэтому перекрывает все другие, имеющие более конкретную форму. Это в особенности относится к определениям, в основе которых лежит понятие комбинации элементов набора; они выражаются ставшей теперь классической формулой, указанной в интегральной форме Винером в его книге «Кибернетика» [1-2] и приведенной Шенноном к более удобному для использования виду [1-1]:

$$H = -t \sum_{i=1}^n p_i \log_2 p_i. \quad (2)$$

Здесь p_i — вероятности появления символов, выбираемых из набора n «символов» и упорядоченных в некоторую последовательность.

Для лучшего уяснения смысла введенного понятия мы постараемся вывести эту формулу, исходя из формулы (1), используя в качестве конкретного примера случай типографского сообщения, элементами которого являются типографские литеры. Наборщик, рассматриваемый здесь как передатчик, составляя сообщение, набирает последовательность элементов, прикладывая их одну к другой (на практике в строках некоторой «формы») и выбирая их из элементов («литер шрифта»), которые принадлежат некоторой совокупности символов, представленной типографской *наборной кассой*.

Например, в наиболее упрощенном латинском алфавите, содержащем только строчные литеры, без знаков препинания, содержится 27 символов (26 букв плюс один пробел, который можно рассматривать как 27-ю букву); на практике же набор литер в лино типах содержит около

200 символов. В наборной кассе символы разложены в различных ячейках по литерам, причем число одинаковых литер существенно меняется от ячейки к ячейке, так как некоторые литеры используются значительно чаще других (во французском языке, например, в порядке убывания частот идут буквы ESAINTURLO..., что хорошо известно дешифраторам). Следовательно, наборная касса характеризует статистическую структуру языка, на котором производится набор. Допустим сначала (это не будет существенным ограничением для нашей задачи), что наборная касса имеет бесконечную емкость. Последнее означает, что каждая из ячеек наборной кассы содержит неограниченное число литер, хотя относительное процентное содержание каждого из символов остается постоянным. Собственно, это именно то, что в действительности происходит в случае очень длинного сообщения, каким, например, является книга. Когда наборная касса почти опорожнена, можно считать, что ее вновь заполняют, закупая новые литеры всегда в той же самой пропорции (например, число литер e в 18 раз больше, чем литер v). Для большей простоты достаточно допустить, что емкость наборной кассы значительно превосходит длину составляемого сообщения. Поэтому мы в последующем будем считать, что число литер в произвольной i -й ячейке наборной кассы пропорционально вероятности p_i появления i -го символа из числа символов, составляющих всю совокупность.

Допустим далее, что каждое сообщение (по крайней мере, если оно является достаточно длинным) есть типичный представитель всех возможных сообщений, т. е. языка, на котором оно выражено, а следовательно, и наборной кассы, которая также является характерной для самого языка, потому что она была заполнена (по определению p_i), исходя из его статистики. Это — *эргодическая гипотеза*, которая уже была ранее высказана Больцманом при установлении приведенного выше известного выражения для энтропии $E = K \log \omega$. В этом случае безразлично, рассматривать ли вероятности появления символов (выражающиеся через их распределение, соответствующее p_i , по ячейкам наборной кассы — источника символов) или рассматривать число появлений символов в сообщении, которое будет отличаться от вероятности постоянным для всех символов множителем, пропорциональным длине сообщения. Так, если среди 100 букв, вероятно, имеется 18 букв e и 10 букв a , то среди 200 букв, вероятно, имеется (18×2) e и (10×2) a .

Предположим далее, что сообщение составляется наборщиком или линотипистом с постоянной скоростью

$N = \sum_i Np_i$ элементов в секунду; по истечении некоторого времени t последовательность будет содержать Nt элементов, среди которых символов типа i имеется $Np_i t$. Известно (теорема перестановок), что существует

$$(Nt)! \quad (3)$$

способов упорядочения Nt символов, но не все эти способы отличны друг от друга, так как если имеется несколько символов i , то взаимная перестановка двух символов i не меняет вида сообщения, ибо последние между собой неразличимы. Итак, если в сообщении имеется $Np_i t$ символов i , то имеется

$$(Np_i t)! \quad (4)$$

способов их упорядочения, дающих тождественные сообщения.

Окончательно получаем, что существует только

$$\frac{(Nt)!}{\prod (Np_i t)!} \quad (5)$$

сообщений, действительно отличных друг от друга¹⁾. Вероятность получения одного из этих сообщений, следовательно, равна

$$\omega = \frac{1}{(Nt)!} = \frac{\prod (Np_i t)!}{(Nt)!} \quad (6)$$

Информация, полученная от одного из таких сообщений, т. е. его степень оригинальности, равна на основании вышеуказанного

$$H = -\log_2 \omega = -\log_2 \frac{\prod (Np_i t)!}{(Nt)!} \quad (7)$$

Согласно формуле Стирлинга, логарифмы факториалов допускают для больших²⁾ значений p приближенное представление в виде

$$\log_2 p! \approx p \log_2 p - p, \quad (8)$$

так как

$$p! \approx p^p e^{-p} (1 + \dots). \quad (9)$$

Можно, следовательно, написать

$$H = -\log_2 \omega = -[\sum \log_2 (Np_i t)! - \log_2 (Nt)!] \approx \\ \approx -(\sum Np_i t \log Np_i t - Nt \log Nt - \sum Np_i t + Nt). \quad (10)$$

¹⁾ Символом $\prod x_i!$ обозначается произведение одноименных сомножителей $x_1! \cdot x_2! \dots x_j! \dots x_n!$. — *Прим. ред.*

²⁾ Известно, что эта формула дает хорошее приближение для $p > 100$. — *Прим. ред.*

Но так как $\sum N p_i t = Nt$ (поскольку $\sum p_i = 1$), т. е. сумма появлений всевозможных символов есть общее число элементов Nt , то два последних члена сокращаются. Преобразуем теперь выражение $\sum N p_i t \log N p_i t$, где Nt — постоянная, которую можно вынести за знак суммирования. Имеем

$$\begin{aligned} \sum N p_i t \log N p_i t &= Nt p_1 \log Nt p_1 + Nt p_2 \log Nt p_2 + \dots \\ &\dots + Nt p_i \log Nt p_i + \dots = Nt (p_1 \log p_1 + p_1 \log Nt + \\ &+ p_2 \log p_2 + p_2 \log Nt + \dots + p_i \log p_i + p_i \log Nt + \dots) = \\ &= Nt (\sum p_i \log p_i + \log Nt \sum p_i) = Nt \sum p_i \log p_i + Nt \log Nt. \end{aligned} \quad (11)$$

При подстановке в (10) член $Nt \log Nt$ исчезает и остается

$$H = -Nt \sum_{i=1}^n p_i \log_2 p_i. \quad (12)$$

Итак, количество информации H пропорционально времени t и числу N , представляющему собой «плотность» элементов сообщения на странице. В самом деле, с точки зрения здравого смысла разумно априори предположить, что две последовательные страницы текста, прочитанные с постоянной скоростью, содержат (или по крайней мере могут содержать) в два раза больше информации, чем одна страница этого текста, а чем меньше размер шрифта, тем больше знаков можно разместить на строке и на странице, или, чем короче время, требуемое для произнесения буквы, тем больше букв можно прочитать за 1 сек. Кроме того, количество информации является также функцией объема набора элементов (n) и способа их использования (p_i).

Этот способ измерения количества информации легко распространить и на случай бесконечного набора (т. е. набора, состоящего из неограниченного числа символов). Необходимо только, чтобы число символов в наборе было *счетным* и чтобы вероятности появления символов возможно было расположить в убывающем порядке так, чтобы

$$p_j \geq p_{j+1}.$$

Порядок	1	2	...	$j-1$	j	$j+1$
Вероятности	p_1	p_2	...	p_{j-1}	p_j	p_{j+1}

Тогда сумма $\sum p_j \log_2 p_j$ имеет смысл.

Это замечание имеет большое практическое значение, так как оно позволяет ограничить вычисления, относящиеся к обширным и плохо определенным наборам (например, к словарю языка); учет символов следует проводить только до момента, начиная с которого «вклад» оставшихся членов становится достаточно малым.

Заметим, что между последовательностью в пространстве (число элементов в строке) и последовательностью во времени (число элементов, переданных, полученных или воспринятых за 1 сек) теперь легко устанавливается соответствие путем использования уже упомянутого ранее процесса *развертки*. Такой разверткой является, например, заполнение наборщиком последовательных строк типографской формы, относительно которого разумно предположить, что оно совершается с постоянной скоростью, или пробегание взглядом вдоль печатной строки, или любой другой аналогичный процесс.

Процесс развертки применительно к восприятию форм требует некоторых критических замечаний и дополнений; мы временно оставим в стороне эти вопросы (см. гл. II).

Скорость передачи информации R , которую мы условимся отличать от общего количества информации, переданной с помощью Nt элементов сообщения, вычисляется по формуле

$$R = \frac{H}{t} = -N \sum_1^n p_i \log_2 p_i. \quad (13)$$

Если $N=1$, то за единицу времени передается ровно один символ, и количество информации, приходящееся на один символ, равно

$$R_1 = -\sum_1^n p_i \log_2 p_i. \quad (13a)$$

Здесь осуществлено то *взвешивание*, которое мы должны выполнить над символами, чтобы выразить большую или меньшую степень отсутствия у них оригинальности.

В более сжатых обозначениях, пренебрегая протяженностью сообщения во времени, связанной с разверткой или с последовательным поступлением его элементов, мы будем говорить, что количество информации в сообщении равно

$$H = -M \sum_1^n p_i \log_2 p_i, \quad (14)$$

Формулы (12) и (14) являются фундаментальными, и в последующем мы постоянно будем на них ссылаться. Именно поэтому нам представлялось необходимым провести их подробное доказательство в форме, доступной для широкого читателя.

§ 7. ПРИМЕР ПРИМЕНЕНИЯ: ОЦЕНКА ОРИГИНАЛЬНОСТИ ПРОГРАММ МУЗЫКАЛЬНЫХ КОНЦЕРТОВ

Рассмотрим применение выведенной формулы для количества информации к одной проблеме «эстетической социологии»; оно позволит нам уточнить способ ее использования.

Из практических соображений все симфонические концерты имеют почти одинаковую продолжительность. Всем музыковедам хорошо известно, что программы таких концертов составляются по совершенно определенным правилам, почерпнутым из опыта. Методика составления музыкальных программ является одним из разделов музыкальной социологии.

С учетом средней длительности симфонических произведений (увертюр, концертов, симфоний) большинство концертов включают от четырех до шести пьес, расположенных в определенном порядке, который представляется в некотором смысле оптимальным. Вначале для создания соответствующего настроения исполняется эффектное произведение, относительно краткое и известное, например увертюра или классическая симфония; основу концерта составляют более серьезные или более трудные произведения; исполняемые к концу концерта произведения имеют различную длительность, но заканчиваются, как правило, увлекательным слушателей блестящим финалом.

Ограничимся здесь для простоты средним числом в пять произведений, составляющих одну программу, и случаем «классического концерта»; наши рассуждения без существенных изменений можно распространить и на другие случаи. Допустим при этом, что трудности исполнения в расчет не принимаются, так как имеется возможность проведения достаточного числа репетиций или рассматривается концерт музыкальной записи. Впрочем, эти ограничения несущественно уменьшают область применения наших рассуждений, которые распространяются примерно на 80% обычных симфонических концертов

Проблема составления программы концерта может быть сформулирована следующим образом:

Каковы способы выбора из репертуара классических симфонических произведений пяти названий, составляющих программу некоторого концерта?

Информация H , полученная от группы таких произведений, — какой бы мы ни приписывали смысл этому термину, — измерит «коэффициент оригинальности» концерта, оказывающийся тем самым объективно определенным.

Для фактического измерения этой информации необходимо знать вероятность p_i каждого из символов (названий произведений) классического музыкального репертуара. Априори может возникнуть стремление считать этот репертуар неограниченным или, во всяком случае, очень большим. Ничего подобного в действительности нет, и мы найдем этот репертуар в существующих работах по музыкальной социологии. Табл. 1 и 2 дают на этот счет некоторые разъяснения. В первой композиторы расположены в порядке убывания их реальной роли, которая оценивалась коэффициентом, пропорциональным произведению числа часов на число слушателей ¹⁾.

Данные табл. 1 хорошо согласуются с результатами Фольгмана [IV-24], полученными, впрочем, для музыкантов-профессионалов в качестве слушателей. К тому же надо указать, что из года в год эта таблица меняется в зависимости от «музыкальной моды», которую она отражает очень точно; мода особенно влияет на порядок следования композиторов в последней части таблицы, за пунктирной чертой.

Табл. 2 дополняет табл. 1. В ней для некоторых известных композиторов приведены весьма приближенные оценки произведений: числа часов на число слушателей, вычисленные для наиболее распространенных музыкальных произведений этих композиторов.

Обе таблицы составлены путем опроса и использования имеющейся доступной статистики. Поэтому в чрезвычайно грубом приближении, достаточном, впрочем, для рассматриваемого примера, можно считать, что вероятность p_i появления произведения «п» композитора «к» задается с точностью до постоянной величиной

$$p_i = p_k \times p_p,$$

где p_k и p_p взяты из табл. 1 и 2 и относятся первая к композиторам, а вторая к произведениям некоторых наиболее известных композиторов.

¹⁾ Приводимые в табл. 1 и 2 статистические данные отражают, естественно, лишь сложившиеся вкусы современной западноевропейской концертной аудитории. — *Прим. ред.*

Таблица 1

№	Композитор	Рк. %	№	Композитор	Рк. %
1	Моцарт	6,1	41	Малер	0,6
2	Бетховен	5,9	42	Рамо	0,6
3	Бах	5,9	43	Сен-Санс	0,6
4	Вагнер	4,2	44	Массне	0,6
5	Брамс	4,1	45	Доницетти	0,55
6	Шуберт	3,6	46	Де-Фалья	0,45
7	Гендель	2,8	47	Скрябин	0,45
8	Чайковский	2,8	48	Мейербер	0,45
9	Верди	2,5	49	Глюк	0,45
10	Гайдн	2,3	50	Паганини	0,45
11	Шуман	2,1	51	Д. Мийо	0,45
12	Шоен	2,1	52	Бела Барток	0,4
13	Лист	1,75	53	Бородин	0,4
14	Мендельсон	1,75	54	Брукнер	0,4
15	Добюсси	1,7	55	Вивальди	0,4
16	Вольф	1,65	56	Эльгар	0,4
17	Сибелиус	1,6	57	Масканьи	0,4
18	Р. Штраус	1,4	58	Оффенбах	0,35
19	Мусоргский	1,3	59	Палестрина	0,35
20	Дворжак	1,3	60	Монтеверди	0,35
21	Стравинский	1,3	61	Шостакович	0,35
22	Форе	1,2	62	Шёнберг	0,35
23	И. Штраус	1,2	63	Уолтон	0,35
24	Сметана	1,1	64	Онеггер	0,35
25	Рахманинов	1,0	65	Альбенис	0,3
26	Перселл	1,0	66	Букстехуде	0,3
27	Пуччини	1,0	67	Шабрие	0,3
28	Григ	0,95	68	Делиус	0,3
29	Вебер	0,95	69	Гершвин	0,3
30	Прокофьев	0,95	70	Людли	0,3
31	Герлиоз	0,95	71	Зуппе	0,3
32	Россини	0,95	72	А. Тома	0,3
33	Равель	0,95	73	Э. Блох	0,25
34	Римский-Корсаков	0,85	74	Делиб	0,25
35	Скарлатти	0,85	75	Глазунов	0,25
36	Франк	0,7	76	Глинка	0,25
37	Гуно	0,7	77	Гранадос	0,25
38	В. Уильямс	0,7	78	Гречанинов	0,25
39	Бизе	0,65	79	Хачатурян	0,25
40	Куперен	0,65	80	Хиндемит	0,25
			81	Лало	0,25

№	Композитор	Рк, %	№	Композитор	Рк, %
82	Леонавалло	0,25	93	А. Берг	0,2
83	Жоскен-де-Пре	0,25	94	Брух	0,2
84	Пуленк	0,25	95	Бриттен	0,2
85	Орlando Лассо	0,25	96	Корелли	0,2
86	Боккерини	0,25	97	Бузони	0,2
87	Беллини	0,25	98	Дюка	0,2
88	Телеман	0,2	99	Понкьелли	0,2
89	Перголези	0,2	100	Тартини	0,2
90	Энеску	0,2	101—	Прочие (по 1 произ-	
91	И. Х. Бах	0,2	150	ведению)	6
92	Ф. Э. Бах	0,2			

————— половина музыкальных произведений.

----- три четверти музыкальных произведений.

Таблица 2

**ПРИБЛИЖЕННЫЕ ВЕРОЯТНОСТИ ПОЯВЛЕНИЯ
В КОНЦЕРТНОЙ ПРОГРАММЕ РАЗЛИЧНЫХ
ПРОИЗВЕДЕНИЙ НЕКОТОРЫХ ВЕЛИКИХ
КОМПОЗИТОРОВ**

Произведение	Рп, %
Бетховен	
5-я симфония	4,2
7-я »	3,1
14-я соната («Лунная»)	3,0
8-я симфония	2,7
5-й ф.-п. концерт	2,7
Концерт для скрипки с оркестром	2,7
23-я соната («Аппассионата»)	2,3
9-я симфония	2,3
3-я »	2,3
Увертюра «Эгмонт»	2,3
6-я симфония	2,3
Увертюра «Прометей»	2,0
21-я соната («Аврора»)	2,0
4-я симфония	1,6
1-я »	1,6
2-я »	1,5
Увертюра «Кориолан»	1,5

Произведение	Рп, %
3-й ф.-п. концерт	1,5
4-й » »	1,4
Увертюра «Леонора» № 3	1,4
11-й квартет	1,4
15-й »	1,4
Увертюра «Фиделио»	1,2
8-й квартет	1,2
9-й »	1,2
12-й »	1,1
29-я соната	1,1
30-я »	1,0
Крейцера соната (№ 9)	1,0
Бах	
5-й Бранденбургский концерт	3,6
2-й » »	2,5
Кантата № 147	2,5
Месса <i>си</i> минор	2,5
1-й Бранденбургский концерт	2,2
3-й »	2,2
4-й »	2,2
6-й »	2,2
Рождественская оратория	2,2
Концерт для скрипки <i>ре</i> минор	2,1
«Страсти по Матфею»	2,0
Чаконья 4-й сонаты	1,8
3-й концерт для скрипки <i>ми</i> мажор	1,8
Концерт для трех клавиров № 2	1,8
Концерт для четырех клавиров	1,8
Сюита № 3	1,8
5-й концерт для кланира <i>фа</i> минор	1,4
Концерт для скрипки с оркестром № 11 <i>ля</i> минор	1,4
Итальянский концерт	1,4
Хроматическая фантазия	1,4
Токката и fuga <i>ре</i> минор	1,4
4-я соната партита № 2	1,4
1-я »	1,4
2-я »	1,4
Музыкальный подарок	1,4
Пассакалья, fuga <i>до</i> минор	1,4
«Страсти по Иоанну»	1,4
Концерт для двух клавиров с оркестром № 2	1,1

Произведение	Рп, %
4-й концерт для клавира с оркестром <i>ля</i> минор	1,1
8-й концерт <i>ля</i> минор	1,1
Концерт для трех клавиров	1,1
Фантазия для клавира <i>до</i> минор	1,1
Фантазия, органная fuga <i>соль</i> минор	1,1
Органная fuga <i>соль</i> минор	1,1
Токката <i>ре</i> мажор	1,1
Органная пастораль <i>фа</i> мажор	1,1
Моцарт	
Опера «Дон Жуан»	7,0
«Свадьба Фигаро»	7,0
«Волшебная флейта»	4,0
«Похищение из сераля»	3,0
36-я симфония	2,5
39-я »	2,0
41-я »	2,0
Концерт	2,0
Exultate	2,0
Квартет	2,0
«Гезделушки»	2,0
40-я симфония	1,6
33-я »	1,5
35-я »	1,5
25-я »	1,5
17-й квартет	1,5
10-й дивертисмент	1,5
«Идомедей»	1,5
«Мотет»	1,5
Увертюра к опере «Мнимая садовница»	1
«Гастен и Бастиенна»	1
«Милосердие Гита»	1
15-й дивертисмент	1
17-й »	1
Месса № 10	1
» № 16	1
Mauerermusik	1
15-й квартет	1
Квintет	1
31-я симфония	1
34-я »	1
29-я »	1
Опера «Зайда»	1

Итак, мы можем в качестве меры количества информации, содержащейся в данном сочетании названий музыкальных произведений, т. е. в качестве меры оригинальности составленной программы концерта, ввести некий *коэффициент оригинальности*. Этот коэффициент был бы, например, очень низким для такой программы:

1. Бетховен. Увертюра «Кориолан»;
2. Гайдн. Военная симфония;
3. Моцарт. Симфония «Юпитер»;
4. Бетховен. 3-й концерт для фортепьяно;
5. Бетховен. 5-я симфония;

значительно более высоким он был бы для программы:

1. Вебер. Увертюра «Оберон»;
2. Равель. «Ночи в садах Испании»;
3. Дебюсси. «Отражения в воде»;
4. Форе. Ноктюрн «Шейлок»;
5. Бизе. 1-я симфония;

и очень высоким для программы, составленной следующим образом:

1. А. Берг. Увертюра «Воцдек»;
2. Шёнберг. «Свидетель из Варшавы»;
3. Вивальди. Квintет *фа* мажор;
4. Бузони. Концерт для скрипки, *op.* 35;
5. Бриттен. Увертюра «Альберт Хэрринг».

Разумеется, на практике в понятие *коэффициент оригинальности музыкальной программы* следует внести многочисленные ограничения, так как социологическая структура, на которой основываются приведенные выше таблицы вероятностей, произвольным образом упрощена; в частности, из рассмотрения в качестве слушателей исключены музыканты-профессионалы; не был принят во внимание также тот существенный факт, что эти вероятности выражают усредненные взгляды определенной общественной группы, которые не являются чем-то застывшим, а наоборот, значительно меняются со временем. Так, пересматривая несколько раз в течение четырехлетнего периода табл. 1, мы установили наличие существенных различий, выражающих изменение музыкальных вкусов публики, т. е. того, что называют «*социально-культурным фоном*» (см. [IV-4]).

Однако коэффициент оригинальности характеризует все же некое объективное общественное явление. Он сохраняет свое значение в определенных рамках социальной статистики, которая интересуется только массовыми явлениями, подчиняющимися закону больших чисел.

Известно, что численность публики, посещающей концерты, меняется, и притом существенно, обратно пропорционально оригинальности программы, так что предыдущая формула устанавливает закон «взвешивания», позволяющий учесть *априорный* интерес, вызванный той или иной программой концерта. Этот закон может быть принят в случае, если выполняются условия, соответствующие ранее описанным гипотезам. Это ясно, например, в случае музыки, передаваемой по радио, особенно если передаются записи музыкальных произведений. Составление программы концерта тогда представляет собой просто выбор некоторого числа грампластинок, располагаемых в определенном порядке.

Можно принять, что «публика» представляет собой совокупность индивидуумов, обладающих каждый некоторым собственным показателем музыкальной культуры, т. е. определенной способностью к восприятию оригинальности музыкальных форм, и именно так мы ее будем рассматривать в дальнейшем. Тогда сопоставление степеней оригинальности музыкальной программы, вычисленных согласно предыдущему определению:

$$\sum_1^{\delta \text{ или } \delta} p_i \log_2 p_i,$$

с уровнями индивидуального восприятия дает численную схему для описания одной из основных проблем музыкальной социологии. Эта проблема заключается в следующем: какова связь между посещаемостью определенного концерта и степенью «привлекательности» для публики той или иной концертной программы? Таким образом, предложена постановка задачи, которая очень важна (тем более, если она представлена в схематической форме), потому что социально-музыкальные проблемы относятся к числу наиболее тонких вопросов эстетики.

Рассматривая этот пример с более общей точки зрения, можно заметить, что в нем мы впервые столкнулись с одной из наиболее замечательных особенностей теории информации, проявляющейся при ее использовании для решения прикладных задач. Она не только приводит к новым результатам, но, что гораздо важнее, дает новую форму представления, синтез уже известных фактов в новом теоретическом аспекте, благодаря чему отчетливо выявляются те проблемы в наших знаниях, которые еще надлежит восполнить.

Методы теории информации становятся наряду с другими основополагающими научными теориями в ряд

*эвристических методов*¹⁾ науки, в частности в ряд тех из них, которые в одной из наших предыдущих работ были определены как методы *представления и феноменологических вариаций*. Именно такой взгляд на теорию информации можно будет проследить во всем нашем дальнейшем изложении.

§ 8. ДРУГОЙ ПРИМЕР: ИЗМЕРЕНИЕ „СЛОЖНОСТИ“ СОЦИАЛЬНЫХ ГРУПП

Для доказательства универсальности предыдущей формулы применим ее к одному типу структур, совершенно отличных от рассматриваемых ранее. Рассмотрим в качестве примера социальную структуру коллектива индивидуумов.

Всякая замкнутая общественная группа (административное учреждение, предприятие, общество со своим уставом и т. п.) состоит в каждый момент времени из N индивидуумов, принадлежащих к n различным категориям, где под категориями понимаются некоторые классы индивидуумов, выделенные по социальным или профессиональным признакам, например управляющие, служащие, инженеры, административные работники. В каждой из n категорий имеется определенное число «мест», которое правомерно предполагать пропорциональным величине группы N . Обычно в городе с населением 100 000 чел. имеется больше «мест» для врачей, чем в городе с 10 000 жителей, и естественно в первом приближении допустить, что в первом городе их в 10 раз больше. Таким образом, мы будем считать число мест категории i равным $p_i N$, где $i=1, 2, \dots, n$.

Группа состоит из $\sum_{i=1}^n p_i N = N$ индивидуумов ($\sum p_i = 1$),

где p_i соответствует вероятности встретить наугад одного индивидуума i -й категории.

Одна из основных гипотез, подтверждаемая практикой найма рабочей силы, состоит в следующем. После краткого периода обучения любого индивидуума можно поместить на любое место с той же функцией внутри данной категории i без изменения при этом структуры всего коллектива.

Внутри одной категории существует $(N p_i)!$ возможных перестановок индивидуумов, не меняющих социальной структуры, а всего их в коллективе имеется $\Pi(N p_i)!$.

¹⁾ Эвристический метод — метод, ведущий к открытию нового явления или закономерности, основанный на догадке или на косвенном (не строго логическом) способе их обнаружения. — *Прим. ред.*

Примем по определению, что сложность C (complexité) организации некоторого коллектива измеряется отрицательным логарифмом дроби, в числителе которой стоит число перестановок, осуществимых между индивидуумами без изменения их функциональных отношений, $\prod (Np_i)!$, а в знаменателе — полное число перестановок $N!$, которое возможно было бы осуществить в некоторой *бесструктурной* массе, состоящей из такого же числа индивидуумов N . Итак,

$$C = -\log \left[\frac{\prod (Np_i)!}{N!} \right].$$

Согласно формуле Стирлинга, для достаточно больших Np_i имеем:

$$\log [(Np_i)!] \approx Np_i \log Np_i - Np_i.$$

Таким образом,

$$\begin{aligned} \sum Np_i \log Np_i - \sum Np_i &= N \sum p_i \log N + N \sum p_i \log p_i - N = \\ &= N \log N - N + N \sum p_i \log p_i, \end{aligned}$$

так как $\sum p_i = 1$. Ранее для логарифма знаменателя $N!$ была приведена оценка $-N \log N + N$, откуда

$$C = -N \sum p_i \log p_i.$$

Сразу видна аналогия этого выражения для «сложности» общественной группы с формулой для количества информации H .

Тот же результат можно получить более изящным путем, не прибегая к введенным гипотезам, а заметив лишь, что сложность структуры любой группы характеризуется многообразием возможных *положений* индивидуума в группе, а следовательно, информацией, которая необходима, чтобы указать то состояние, в котором находится индивидуум. Поэтому

$$H = C \text{ (с точностью до постоянной).}$$

Измерение сложности строения общественной группы представляет большой интерес для прикладной социологии, особенно в теориях К. Левина и Морено, применяющих к социологии математические методы ¹⁾.

Можно указать многочисленные возможные приложения понятия «сложности»; так, например, ее выражение в *битах* (двоичных единицах информации) дает представление о числе «вопросов», которые следовало бы задать и

¹⁾ Оценку «социометрии» Морено см. в рецензии В. Н. Топорова, напечатанной в сб. «Структурно-типологические исследования», Изд-во АН СССР, 1962.— *Прим. ред.*

на которые надо было бы найти ответ для того, чтобы выяснить «сложность» структуры какого-либо учреждения или предприятия.

В самом деле, для всякого сообщения количество информации означает, по существу, меру сложности образов (Gestalt), представляемых в виде временной последовательности. Таким образом, H выступает как мера сложности, что очень важно для всех теорий формы, до настоящего времени не располагавших инструментом для сравнения различных форм. Ясно также, что при таком подходе избыточность оказывается мерой *понятности воспринимаемых форм*.

§ 9. ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ ИНФОРМАЦИИ К ИССЛЕДОВАНИЮ НОТНЫХ ЗАПИСЕЙ МУЗЫКАЛЬНЫХ ПРОИЗВЕДЕНИЙ. ВЫЧИСЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА ИНФОРМАЦИИ, СОДЕРЖАЩЕЙСЯ В МЕЛОДИЧЕСКИХ МОДЕЛЯХ

Предположим, что простая мелодическая модель, положенная в основу классического музыкального произведения (например, симфонии Бетховена), состоит из 30 нот, выбранных из набора возможных звуков, содержащего 5 тонов, которые в свою очередь взяты из 12 тонов октавы темперированного строя. Пусть мелодия охватывает примерно две октавы, а время исполнения фрагмента мелодии составляет около 15 сек. Сначала определим количество информации H , содержащейся в мелодии. Соответствующие 30 нот выбраны из набора, элементами которого являются длительности

Шестьдесят четвертая	Тридцать вторая	Шестнадцатая	Восьмая
1	2	3	4
Четвертая	Половинная	Целая	
5	6	7	

Примем, что все длительности имеют одинаковые вероятности появления, что соответствует максимальному количеству информации.

Имеем

$$H = -30 \sum_1^7 \frac{1}{7} \log_2 \frac{1}{7} = 30 \log_2 7 = 30 \frac{\log_{10} 7}{\log_{10} 2} = \frac{30}{0,3} \times \\ \times 0,8451 = 100 \cdot 0,8451 \approx 84.$$

Таким образом, количество информации, полученное после прослушивания этой мелодической модели, содер-

жащей 30 нот, равно примерно 84 бит, или, учитывая продолжительность звучания 15 сек., — 5,6 бит/сек ¹⁾.

Вычислим теперь количество информации, которое содержится в мелодии, предполагая, что используемые интервалы появления нот уже не являются равновероятными, а встречаются с переменной частотой, обратно пропорциональной их величине. Другими словами, чем шире данный интервал, тем менее вероятно появление в мелодии ноты, отстоящей от предыдущей на этот интервал.

Предложенная гипотеза более удобна для иллюстрации, чем та, которая основывалась бы на исследовании вероятностей появления нот, соответствующих различным интервалам, таким, как: 1 (унисон), 2 (секунда), 3 (терция), 4 (кварта), 5 (квинта), 6 (секста), 7 (септима), 8 (октава), 9 (нона), 10 (децима).

Наша гипотеза позволяет провести только очень грубое «взвешивание», но, учитывая другие принятые предположения, она вполне достаточна. Теперь можно вычислить количество информации, которое содержала бы некоторая часть мелодии, состоящая из 30 нот. Последние можно считать имеющими одинаковую длительность, например равную одной шестнадцатой. Рассмотрим тогда набор, состоящий из $n=10$ интервалов i , построенный, как это встречается в классической музыке, на пяти звуках из каждой октавы и охватывающий в совокупности две октавы ²⁾.

Вероятность появления нот меняется с изменением интервала, для i -го интервала она равна $p_i = k/i$; при этом $\sum_{i=1}^{10} k/i = 1$, т. е. можно принять $k = 1/3$. Тогда количество информации равно ³⁾

$$\begin{aligned} H &= -30 \sum_{i=1}^{10} \frac{k}{i} \log_2 \frac{k}{i} = -\frac{30}{0,3} k \sum_{i=1}^{10} \frac{1}{i} \log_{10} \frac{k}{i} = \\ &= -100k \left(\sum_{i=1}^{10} \frac{1}{i} \log_{10} k - \sum_{i=1}^{10} \frac{1}{i} \log_{10} i \right) = \end{aligned}$$

¹⁾ В тексте оригинала были допущены неточности, которые исправлены при переводе.— *Прим. ред.*

²⁾ В дальнейших вычислениях последнее предположение о выборе звуков не используется. Автор, вероятно, предусматривает звукоряд из 10 нот, соответствующий семиступенной диатонической гамме. Способ определения количества информации, изложенный в книге А. Моля, является искусственным, совершенно не отражающим действительного положения дел в музыке. О другом способе определения количества информации в музыке см., например, [* I-15], стр. 214.— *Прим. ред.*

³⁾ В тексте оригинала имеются неточности, нами исправленные.— *Прим. ред.*

$$\begin{aligned}
&= -100 \left(\log_{10} k \sum_1^{10} \frac{k}{i} - k \sum_1^{10} \frac{1}{i} \log_{10} i \right) = \\
&= 100 \left(k \sum_1^{10} \frac{\log_{10} i}{i} - \log_{10} k \cdot 1 \right) = \\
&= 100 \left(\frac{1}{3} \cdot 1,17 + \log_{10} 3 \right) = 100 (0,39 + 0,48) = \\
&= 87 \text{ бит.}
\end{aligned}$$

Таким образом, скорость поступления информации получается равной $87/15=5,8$ бит/сек. В действительности эта скорость будет значительно меньше, так как большое число нот повторяется, что соответственно уменьшает и информацию.

Интересно отметить, что такая скорость близка к скорости, вычисленной для слов французского языка (5 бит/сек), что сближает между собой семантические аспекты языка и музыки.

Определим теперь, какое количество информации мы получили бы, если бы символы выбирались из интервалов случайным образом, каждый с одинаковой вероятностью. В этом случае имеем

$$H = -30 \sum_1^{10} \frac{1}{10} \log_2 \frac{1}{10} = \frac{30}{0,3} \log_{10} 10 = 100.$$

Таким образом, мелодия, использующая менее свободный, чем равновероятный, выбор интервалов, вводит избыточность порядка $(100-87)/100=13\%$. Следовательно, ограничения, налагаемые использованием «музыкального языка», невелики.

Полное количество информации, содержащееся в мелодической модели (не учитывая изолированной гармонии и контрапункта), состоит из информации относительно интервалов, характеризующей высоту нот, и уже ранее вычисленной информации относительно их длительностей. Ввиду их аддитивности (что является следствием такого же свойства логарифмов)

$$H = H_{\text{интервалы}} + H_{\text{длительности}} = 87 + 84 = 171 \text{ бит,}$$

что дает скорость поступления информации $11,4$ бит/сек¹⁾.

¹⁾ Количество информации, передаваемой с помощью устной речи, оценивается как не превышающее 50 бит/сек; см. [* VI-15], стр. 16. Сходные числа характеризуют и передачу сигналов опытным пианистом (порядка 25 бит/сек), а также машинисткой, печатающей письменный текст; см. Miller G., «The human link in communication systems», Proc. of the Nat. Electron. Conf., XII, Chicago, 1956, p. 3.—Прим. ред.

Очевидно также, что, если от двух типов музыкальных структур, из которых одна относится только к высоте, а другая только к длительности, мы получили примерно равные количества информации, то их сложность тоже примерно одинакова, хотя структура, связанная с изменением высоты звука, все же сложнее той, которая связана с изменением длительности. Полученное нами количество информации близко к тому, которое мы получили бы, реализуя случайный процесс, если при измерении длительность и высота звуков остаются независимыми. Последнее, очевидно, не имеет места в нашем случае. Поэтому одной из основных задач изучения музыкальных структур должно быть выяснение характера связей между длительностью и высотой звука и налагаемых ими ограничений ¹⁾.

Рассмотрим, что произошло бы, если бы мы перешли от пентатонной гаммы ²⁾, встречающейся в традиционной музыке, к гамме, состоящей из 12 тонов. Произвольным образом выбрав из 24 нот две октавы с единственным ограничением, что интервалы выбираются с частотой, обратно пропорциональной их величине, и используя ранее принятые гипотезы (относительно длительности нот и т. п.), получим

$$H = -30 \sum_{i=1}^{24} \frac{k}{i} \log_2 \frac{k}{i}, \quad \text{где } \sum_{i=1}^{24} \frac{k}{i} = 1, \quad k = \frac{1}{4},$$

откуда

$$\begin{aligned} H &= -\frac{30}{0,3} \sum_{i=1}^{24} \frac{k}{i} \log_{10} \frac{k}{i} = 100 \left[k \sum_{i=1}^{24} \frac{\log_{10} i}{i} - \log_{10} k \sum_{i=1}^{24} \frac{k}{i} \right] = \\ &= 100 \left[k \sum_{i=1}^{24} \frac{\log_{10} i}{i} - \log_{10} \frac{1}{4} \right] = 100 \left[\frac{1}{4} \cdot 2,18 + 0,60 \right] = \\ &= 100 \times (0,54 + 0,60) = 114 \text{ бит.} \end{aligned}$$

Таким образом, информация относительно интервалов ($H_{\text{инт}}$) возросла от 87 до 114 бит, т. е. от 5,8 до 7,6 бит/сек, а полная информация до $H_{\text{инт}} + H_{\text{длит}} = 198$ бит или 13,2 бит/сек.

¹⁾ Целью изучения мелодических структур является выяснение связей не только между длительностью и высотой, но также и между такими сторонами мелодии, как гармоническая определенность ноты (гармоническое развитие), масштабно-тематическая структура (организация повторности ритмических и мелодических фигур и расчлененность мелодии на отдельные построения) и т. п. — *Прим. ред.*

²⁾ Искусственно построенный звукоряд, использованный автором в вычислениях, на самом деле не является пентатонной гаммой. — *Прим. ред.*

Сопоставив эти числа с возможностями восприятия человека-оператора (см. гл. III и IV), мы видим, что сообщение, состоящее из мелодий, остается всегда в границах человеческого восприятия и скорость создания им информации не очень отличается от скорости ее создания при языковом общении.

Наконец, мы приходим также к выводу, что временные образы играют в сообщениях, состоящих из мелодий, роль, сравнимую с образами, связанными с высотой звука.

§ 10. СЛЕДСТВИЯ ВВЕДЕНИЯ МЕРЫ ИНФОРМАЦИИ

Попытаемся подробнее изучить некоторые следствия, вытекающие из принятия величины

$$H = -M \sum_{i=1}^n p_i \log_2 p_i$$

в качестве меры оригинальности сообщения, состоящего из последовательности M элементов общей продолжительностью t сек (приведенная формула выражает эту меру независимо от времени t , измеряющего длительность последовательности элементов сообщения, поступающих равномерно со скоростью M/t элементов в секунду).

Интуитивно сначала кажется, что с увеличением длины сообщения при прочих равных условиях возрастает и количество информации, так что, скажем, вся Британская Энциклопедия, вероятно, должна содержать больше информации, чем одна ее страница, или, более точно, что двадцать страниц Энциклопедии, по всей вероятности, содержат в два раза больше информации, чем десять страниц, выбранных из этих двадцати. Однако это верно только *при прочих равных условиях*, т. е. только в том случае, когда множитель

$$\sum_{i=1}^n p_i \log_2 p_i$$

остается постоянным при переходе от одного фрагмента сообщения к другому. В этом множителе, таким образом, и заключено в собственном смысле слова *количество оригинальности* формы, образуемой сообщением, и именно на нем должно быть сосредоточено наше внимание.

Сумма $\sum_{i=1}^n p_i \log p_i$ априори возрастает с увеличением числа суммируемых членов n , т. е. с расширением набора символов. В самом деле, чем шире этот набор, т. е. чем

больше число символов, из которых производится выбор, тем больше число слагаемых $p_i \log p_i$ под знаком суммы и тем больше варьируют возможности выбора символов априори.

Совокупность символов должна, следовательно, рассматриваться как своеобразный резервуар; в использованном ранее примере типографского набора это был полный типографский алфавит, представленный, например, клавиатурой линотипа или наборной кассой. Если мы имеем дело с совокупностью слов, то каждое слово является самостоятельным символом, а набором будет служить словарь или, более точно, вся совокупность слов используемого языка.

Здесь необходимо сделать важное замечание, которое непосредственно приводит нас к понятию кода. Что понимать под символами и из какого набора их выбирать?

Во втором параграфе этой главы, посвященном дифференциальным порогам, мы видели, что элементы сенсорных сообщений определяются структурой приемника и, в частности, его дифференциальными порогами. Объем набора и его природа зависят только от разрешающей способности приемника. Например, в случае зрительного сообщения объем набора символов определяется дифференциальными порогами глаза, от которых зависит его разрешающая способность. «Символом» зрительного сообщения является любой элемент, определенный совокупностью дифференциальных порогов, относящихся ко всем параметрам, всем измерениям, характеризующим этот элемент. Для глаза это будут соответственно дифференциальные пороги положения (углового и радиального), световой интенсивности, времени и цвета.

Поэтому набор символов зрительного сообщения оказывается чрезвычайно обширным. Чистый лист бумаги, помещенный в нашем поле зрения на расстоянии, обычном при чтении, или киноэкран тех же угловых размеров способны доставить нам через зрительный канал необычайно большое количество информации, если для передачи этой информации используется мозаика светящихся элементов различной яркости, соответствующих всем воспринимаемым степеням освещенности наблюдаемой поверхности и имеющих в точности размеры угловых дифференциальных порогов (т. е. примерно угол в одну минуту около оптической оси).

Известно, однако, что такая модель, построенная на основе одних только психофизиологических данных, лишь в виде исключения может соответствовать действительности, так как мы лишь в исключительных случаях употреб-

ляем глаз как развертывающее устройство с полным использованием его способности к различению деталей. Хотя такая ситуация с физиологической точки зрения и представляется возможной, она в действительности не имеет места, так как принимающая система была бы *не в состоянии* использовать во всем объеме получаемую таким путем информацию.

Поэтому мы вынуждены признать, что изучаемым нами приемником является не изолированный глаз, а индивидум, обладающий не только глазом, но и мозгом, связанным с органами чувств. Такая система допускает использование лишь значительно более ограниченного набора элементов сообщений.

Известно, например, что если мы способны различить две соседние звезды, то только потому, что мы *фиксируем наше внимание* на двух определенных точках, пренебрегая остальными. При чтении страницы текста нас не интересуют небольшие дефекты бумаги, на которой текст напечатан, хотя они находятся в центре нашего поля зрения, и мы лишь смутно и бессознательно различаем, каким шрифтом напечатан текст. На более высоком уровне восприятия, однако, из многочисленных работ по психологии восприятия печатного текста известно (см. [IV-8]), что число точек фиксации взора в строке при беглом чтении не превышает двух-трех и что для глаза физически невозможно воспринять форму каждой отдельной буквы; известно также, что существуют многочисленные «типографские иллюзии». В совокупности все эти соображения привели психологию к подтверждению теории формы и отказу от упрощенного понятия развертки.

Каким образом в теории информации учитываются эти важные факты? Нам приходится в одном и том же сенсорном канале выделять различные уровни восприятия, каждый из которых соответствует отдельному сообщению, причем наборы символов на каждом уровне сильно различаются по объему и структуре.

Таким образом, совокупность зрительных сообщений дифференцируется в соответствии с природой элементарных символов, которые последовательно используются. Например:

Возможные виды вариации зрительных сообщений

Символы набора

Преобразование контрастов, искажения (оптические иллюзии)

Чисто зрительное общение \rightarrow Образ, рисунок, отрывок фильма

Элементы, определяемые дифференциальными порогами сетчатки глаза

Множество всех шрифтов во всех типографиях на всех алфавитах	Алфавитное сообщение	→	Типографские литеры	Совокупность литер одного типографского алфавита
Множество рукописных текстов	Буквенное сообщение	→	Буквы, понимаемые как топологические образы	Множество, полученное в результате сведения типографских символов к простым формам
Множество языков, состоящих из слов (включая идеограммы)	Сообщение, состоящее из слов	→	Слова, рассматриваемые как целостные формы	Совокупность слов языка

Существование такой последовательности уровней восприятия нашло свое выражение в понятии «образа» (Gestalt) — восприятия формы как целого; эти уровни различны, хотя и построены на основе одних и тех же зрительных элементов, а обширность их набора сокращается по мере того, как в восприятие вовлекаются все более высокие функции мозга. Страница печатного текста может рассматриваться как двумерное множество световых пятен (например, при восприятии ее обезьяной), или, благодаря процессу развертки, как одномерное линейное множество расположенных в строках букв (например, корректором, исправляющим ошибки в тексте), или же как одномерное множество расположенных в строчках слов (например, читателем этой страницы), или, наконец, как некоторый двумерный рисунок (например, наборщиком или верстальщиком в типографии) ¹⁾.

Каждый из названных приемников зрительных сообщений различен, каждый из них получает различные сообщения, состоящие из символов, выбираемых среди наборов различного объема n . Способы составления сообщения также различны и зависят от соответствующих условных кодов, определяющих отношения между приемником и передатчиком. Так, n будет порядка

- 10⁹ для чисто зрительных сообщений;
- 200 для сообщений, составленных из букв;
- 20 000 для сообщений, составленных из слов французского языка.

¹⁾ Идея связи иерархической организации языка и других средств коммуникации с наличием разных уровней психофизиологических структур была намечена в работе [* VII-24] и развита применительно к речи в работе [* VI-21]. — *Прим. ред.*

В каждом из этих наборов вероятности появления символов будут различны. Именно изучением последних мы теперь и займемся.

Поскольку мы в этой книге пытаемся применить теорию информации к случаям, когда приемником является именно *индивидуум*, рассматриваемый в качестве адресата канала связи (области эстетики, психологии восприятия и т. п.), то мы должны помнить, что общая теория разработана применительно к каналу произвольного вида, что и составляет главную цель такой теории. Построенные человеком многочисленные искусственные каналы передачи информации поэтому могут помочь нам уяснить характер процессов, происходящих при связи между индивидуумами.

Укажем, что в системе передачи музыки с использованием импульсно-кодовой, или так называемой дельта-модуляции, сигнал разлагается на равные по величине кванты, посылаемые в канал связи с достаточно большой частотой и имеющие только две модальные формы, приводящие либо к положительному, либо к отрицательному приращению импульса. Здесь «словарь» (набор символов) сведен к минимуму, т. е. всего к двум значениям. Практическая реализация такой системы указывает, что любой, даже самый сложный музыкальный сигнал можно передать путем послышки серии «Да — Нет» со скоростью, достаточной для управления процессом восстановления сигнала в приемнике; это обстоятельство представляет существенный интерес.

В зависимости от того, что именно мы будем считать приемником, словарь и структура всего интересующего нас канала в целом будут различными; фактически именно это различие *точек зрения* и определит дальнейшие рассуждения.

Если нас интересует система различения, присущая самому «техническому приемнику», то словарь ограничивается двумя членами, априорная вероятность каждого из которых равна $\frac{1}{2}$; если же мы расширим сферу нашего исследования, включив в рассмотрение анализ органов слуха воспринимающего сообщения человека, то мы должны будем рассматривать набор порядка 340 000 различных элементов¹⁾. Наконец, если мы стремимся, проникнув в музыкальную структуру, выяснить, что же индивидуум воспринял из музыкального отрывка, мы встре-

¹⁾ Относительно человека как звена в канале связи см. статью Миллера, уже упоминавшуюся в примечании на стр. 76.— *Прим. ред.*

тимся с существенно более ограниченным набором символов, соответствующим символам, реально различаемым человеческим ухом в соответствии с его музыкальной восприимчивостью. Это как раз и есть одна из задач психофизического изучения музыки, и в дальнейшем мы к этому вопросу еще вернемся (см. гл. IV и V).

§ 11. МАКСИМАЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ, ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ И ИЗБЫТОЧНОСТЬ

Вероятности появления символов, на которые распространяется суммирование в формуле $\sum p_i \log p_i$, фактически характеризуют качество используемых при передаче сообщений символов, ибо члены $\log p_i$ суммируются с *весом* p_i , равным соответствующей вероятности появления. Гильбо [I-4] указал, что сумму $\sum p_i \log p_i$ можно рассматривать как *среднее* от логарифмов вероятностей; полная информация есть среднее от полученных частичных информаций, что следует из нашего исходного более общего выражения для информации через логарифмы вероятностей каждого символа, представленных p_i раз.

Но особенно примечательно то, что из этой формулы в соответствии с элементарной интуицией следует, что максимальное количество информации, или оригинальности, содержит в себе сообщение, все n символов которого равновероятны, т. е. все $p_i = p$. Действительно, максимальную возможность выбора дает нам именно равномерное распределение вероятностей.

Так, в случае типографской наборной кассы буква w во французском языке имеет очень малую вероятность появления p_w , и таким образом, ее присутствие в сообщении несет много информации просто в силу того, что за ее счет значительно более часто встречаются другие буквы. Примером может служить буква e , присутствие которой приносит нам как раз очень мало сведений относительно особенностей сообщения.

Всем криптографам эти факты хорошо известны; так, присутствие буквы w в зашифрованном сообщении (если не было произведено перестановки букв или же если была восстановлена первоначальная последовательность) почти наверняка указывает на наличие во французском тексте иностранного слова, что существенно сужает область поиска. Правда, это относится только к одному символу и указанное преимущество уничтожается наличием большого числа букв e , s , a , а их нужно встретить очень большое

количество прежде, чем мы узнаем о сообщении что-либо достоверное. Предыдущая формула показывает, что ба-нальность вторых с лихвой восполняет оригинальность первых.

Итак, при прочих равных условиях наиболее оригинальным сообщением явится то, которое выбрано из системы, составленной из равновероятных символов, где справедливо равенство

$$\sum_1^n p \log p = np \log p.$$

Тогда p здесь просто равно $1/n$, и с точностью до постоянной имеем

$$H = -\log_2 \frac{1}{n} = \log_2 n.$$

Таким образом, основная мера теории информации позволяет составить представление об *идеальной* информационной нагрузке сообщения при ограниченном числе символов, из которых оно составлено. Эта идеальная нагрузка имеет место тогда, когда осуществляется равномерное распределение вероятностей появления символов (их равновероятность), и указывает максимальную возможность выбора при составлении последовательности элементов, из которых образуется сообщение.

Это максимальное количество информации, образованное из равновероятных символов и обеспечивающее наибольшую «эффективность» группы символов, т. е. позволяющее максимально «нагрузить» используемые символы, Шеннон, следуя Больцману, назвал *максимальной энтропией*. Тем самым он установил некий *идеальный предел* для связи, осуществляемой при помощи группы символов; мы рассмотрим ниже, в какой мере этот идеал, достижимый для искусственных каналов связи, достигим также для приемника-человека.

В действительности на практике, по крайней мере почти во всех случаях, когда сообщения передаются посредством письма, речи, телевидения, телефона и т. д., используемые символы не являются равновероятными и величины p_i очень различны. Так, во французском языке буква w в 40 раз менее вероятна, чем буква e или пробел, и т. п.

Пусть H_1 означает количество информации, доставленное таким сообщением; H_1 можно сопоставить с количеством информации H_m , которое было бы передано, если бы все символы были равновероятны ($H_m = \log_2 n$).

Следуя Шеннону, мы назовем *относительной информацией* отношение H_1/H_m , не зависящее, очевидно, от длины сообщения (число элементов N в это отношение не входит). Эта величина H_1/H_m есть мера относительной оригинальности сообщения, меняющаяся от 0 до 1¹⁾.

Величина, дополняющая ее до единицы,

$$R = 1 - \frac{H_1}{H_m},$$

которую мы назовем *избыточностью*, представляет большой интерес: она есть мера относительного «расточительства» в использовании символов при передаче данного сообщения. Избыточность отсутствует ($R=0$), когда $H_1=H_m$, т. е. когда символы выбраны «хорошо» (равновероятно), и избыточность стремится к 100% ($R=1$), когда полезный выход, т. е. эффективность способа передачи, характеризуемая частотным словарем (частотами появления слов), и, следовательно, *эффективность используемого языка*, являются незначительными.

Таким образом, мы здесь имеем дело с «*коэффициентом эффективности*» языка, используемого в канале передачи сообщений. Поскольку каждый канал можно охарактеризовать набором символов (наборной кассой, словарем), то определение избыточности дает нам подход к оценке эффективности языка, используемого для *передачи информации*.

В интересующих нас приложениях, когда приемником является человек, всегда представляющий собой последнее звено канала, мы увидим, что избыточность всегда отлична от нуля и что она играет почти такую же важную роль, как и само понятие количества информации.

§ 12. КОЛИЧЕСТВО ИНФОРМАЦИИ В ПЕЧАТНОМ ТЕКСТЕ

Чтобы показать, как измеряются введенные величины — количество информации, максимальная информация и избыточность, — мы рассмотрим два примера, которые дадут нам хорошую возможность поразмыслить над значением полученных результатов.

Первый пример. Еврейская библия (Тора) содержит $N=647\ 390$ букв, принадлежащих алфавиту, состоящему из 22 букв ($i=1, 2, \dots, 22$). Распределение их вероятностей p_i мы определили по отрывку текста биб-

¹⁾ Величину $r=H_1/H_m$ обычно называют «относительной энтропией» кода. — *Прим. ред.*

лии, содержащему 1000 букв. Подсчет дал следующие значения¹⁾:

Символ . . .	א	ב	ג	ד	ה	ו	ז	ח	ט	י	כ
p_i , %	6,5	10,5	0,6	3,4	6,8	12,5	0,6	0,3	1,2	9	10
Символ . . .	ל	מ	נ	ס	ע	פ	צ	ק	ר	ש	ת
p_i , %	8,2	8,2	3,4	0,5	3,4	1	0,9	0,8	3	4,5	6

Располагая их в порядке убывания p_i , получим последовательность

ט. ר. ע. ג. ד. ה. ו. ז. ח. ט. י. כ. ל. מ. נ. ס. ע. פ. צ. ק. ר. ש. ת.

Учитывая неизбежные ошибки при определении частот букв, можно упростить вычисления, разбив значения p_i на пять следующих групп:

- | | |
|---|---|
| I. $p_1 = p_2 = p_3 = p_4 = p_5 = 0,1$, | $4p_1 = 0,4 = 40\%$ — очень часто употребляемые буквы «matres lectionis» и грамматические знаки |
| II. $p_6 = p_7 = p_8 = p_9 = p_{10} = p_{11} = 0,07$; | $5p_{II} = 0,35 = 35\%$ — часто употребляемые буквы |
| III. $p_{12} = p_{13} = p_{14} = p_{15} = p_{16} = p_{17} = 0,04$; | $5p_{III} = 0,18 = 18\%$ — основа алфавита. |
| IV. $p_{18} = p_{19} = p_{20} = p_{21} = p_{22} = p_{23} = 0,01$; | $5p_{IV} = 0,05 = 5\%$. |
| V. $p_{24} = p_{25} = p_{26} = p_{27} = p_{28} = 0,01$; | $3p_V = 0,02 = 2\%$ — редко употребляемые буквы. |

Отсюда количество информации равно

$$\begin{aligned}
 H &= -647\ 390 \sum_{i=1}^{i=22} p_i \log_2 p_i = \\
 &= -647\ 390 \sum_{i=1}^{i=V} n_i p_i \log_2 p_i = 2\ 586\ 000 \text{ бит.}
 \end{aligned}$$

Максимальная информация, которую можно было бы передать всеми 647 390 буквами, если бы все 22 символа древнееврейского алфавита имели равную частоту появления ($p_i = 1/22$), равна

$$H = -647\ 340 \log_2 1/22 = 2\ 890\ 000 \text{ бит.}$$

¹⁾ Вероятно, вследствие неточного подсчета в наборе значений p_i возникли ошибки, так как при суммировании их получается $\sum p_i = 101,3\%$ вместо 100% . — Прим. ред.

Отношение H_1/H_m равно 0,896 и избыточность составляет 10,4%.

Второй пример. Пусть имеется французский текст произвольной длины. Найдем *скорость поступления информации* во французском языке, т. е. количество информации R_i на единицу длины текста (за единицу длины сообщения выбрано $N=1$).

Согласно формуле (13а),

$$R_1 = - \sum_{i=1}^{26} p_i \log_2 p_i.$$

Следуя практике криптографов, будем игнорировать пробелы между словами. Из работ по криптографии хорошо известна статистика букв французского языка (здесь приведены округленные значения):

E	S	A	N	I	R	T	U	O	Z	D	C	M	P	Q	B	F	G	H	V
17%	8	8	8	7	7	6	6	6	4	3	3	3	1,5	1	1	1	1	1	1
p_I	$6p_{II}$					$3p_{III}$			$4p_{IV}$			$6p_V$							
	X	J	K	W	Y	Z													
	0,6					0,2			0,1			0,1							
	$6p_{VI}$																		

Буквы, имеющие почти одинаковые вероятности, соберем в группы:

$$1p_I = 1 \times 17\% = 17\% \quad (0,17)$$

$$6p_{II} = 6 \times 8\% \approx 47\% \quad (0,47)$$

$$3p_{III} = 3 \times 6\% \approx 17\% \quad (0,17)$$

$$4p_{IV} = 4 \times 3\% = 12\% \quad (0,12)$$

$$6p_V = 6 \times 1\% = 6\% \quad (0,06)$$

$$6p_{VI} = 6 \times 0,2\% \approx 1\% \quad (0,01)$$

Отсюда скорость поступления информации во французском тексте, рассматриваемом как последовательность букв, получается равной:

$$\begin{aligned} R_1 &= - \sum_{i=1}^{i=26} p_i \log_2 p_i = -3,33 \sum_{i=1}^{i=VI} m_i p_i \log_{10} p_i = \\ &= 3,33 \times 1,16 = 3,86 \text{ бит/ед. длины.} \end{aligned}$$

Относительная информация есть некоторый показатель качества выражения мыслей с помощью букв. Максималь-

ная скорость поступления информации, которой можно было бы достигнуть, если бы все буквы были равновероятны ($p=1/26=4\%$), равна

$$R_m = 3,33 \log_{10} 26 = 4,8 \text{ бит.}$$

Следовательно, относительная избыточность французского письменного языка составляет

$$\frac{4,8 - 3,86}{4,8} = 19\%.$$

Она существенно больше, чем в древнееврейском языке, что является следствием широкого использования во французском языке бесполезных гласных. Напротив, в древнееврейском языке, где используются согласные (кроме двух гласных «matres lectionis»: «вав» и «йод»), создается лучшее приближение к равновероятности буквенных символов, а тем самым, косвенным образом, — и к равновероятности слов, состоящих в среднем из трех буквенных корней ¹⁾.

Определенная таким путем избыточность базируется на основной формуле Шеннона и относится к языку, рассматриваемому как последовательность букв, объединенных в соответствии с вероятностями их появления (монограммные вероятности). Но это только первое приближение к реальному языку, не отражающее в полной мере значения *априорных* сведений относительно сообщения, которые приводят к дополнительной избыточности языка за счет связей между последовательными символами (марковские случайные процессы ²⁾). В человеческих языках следующие друг за другом слова связаны между собой и взаимно определяют одно другое так же, как и последовательно расположенные буквы в пределах одного слова. Подход к

¹⁾ Различие в использовании знаков для гласных и согласных в древнееврейском (и в других системах письма, приспособленных для семитских языков) и во французском письме объясняется прежде всего тем, что в семитских языках лексическое значение слова передается набором согласных фонем корня, а состав гласных фонем слова определяется грамматикой языка, и поэтому человек, знающий язык, может восстановить гласные, зная по контексту грамматические значения, выраженные в слове. — *Прим. ред.*

²⁾ Под марковским процессом имеется в виду последовательность (цепь) случайных событий, в которой вероятность последующего события определяется в зависимости от вероятности предшествующего события. Описание письменного текста как марковского процесса впервые было дано самим Марковым в статье «Пример статистического исследования над текстом «Евгения Онегина», иллюстрирующий связь испытаний в цепи», *Изв. Импер. Акад. Наук*, т. 7, Спб., 1913. — *Прим. ред.*

изучению этих «полиграммных» вероятностей труден, это один из объектов научного исследования языков. Однако более прямые экспериментальные методы позволяют приблизительно оценить фактическую *полную* избыточность данного языка.

Мы попытаемся определить ее для французского языка, произвольным образом пропуская во французских текстах все возрастающий процент букв: 10, 20, 30, 35, 45, 50% и определяя время, необходимое различным людям для восстановления этих текстов. Это время, очевидно, возрастает очень быстро по мере того, как выбрасывается все больше и больше букв, и стремится к бесконечности начиная с некоторого уровня, указывающего процент «излишних» символов, позволяющих благодаря своему присутствию в сообщении восстановить другие символы за счет интуитивного знания статистики языка, которым обладал испытуемый.

Ниже приводится несколько отрывков таких текстов. Как и прежде, пробел между словами рассматривается как двадцать седьмая буква ¹⁾.

Первый текст: 10%

МНОГОМЕТРОВАЯ ВО НА НАКРЫВАЕТ ВОЕЙ ХОЛОДНОЙ
ТОЛЩЕЙ ОДКУ И Л ДЕЙ . РУКИ ЕРТВОЙ ХВАТКОЙ
ДЕРЖАТ К ПРОНОВЫЙ ТРОС , ДЕЖДА ПРОПИТАЛАС
УЧЕЙ ВОЛОЙ И ТЯН ВНИЗ . В РОМЕШНОЙ
Т Е НЕ ВИДНО ДАЖЕ СИ УЗОВ ДРУЗЕЙ . КРИЧАТЬ
Ч БЫ ДАТЬ М ЗНАТЬ ЧТ ТЫ ЖИВ , НЕ ИМЕЕТ
СМЫСЛ — РАЗВЕ ПОБЕДИ ЕЛОВЕЧЕВСКИЙ ГО
ОХОТ МОЯ ? ЛЮДИ КА УТСЯ МАЛЕНЬКИМИ И Б
ПОМОЩНЫМИ СРЕДИ ЭТОЙ СУМАСШ ДШЕЙ П ЯСКИ ЖЕ
ТОКИХ И ХОЛОДНЫХ МО СКИХ ИСП ДШИНОВ , КОТО
РЫЕ , СД ВНО О КАКОИ-Т ЕПОНЯТНОЙ СЛУЧАЙНО
СТИ , ОКА ЕЩЕ Е РАЗДАВИЛ ИХ ОИМИ ГРОМА
Д МИ , НЕ СКОВАЛИ ЛЕДЯНЫМ О ЕПЕНЕНИЕ ИХ ВО Ю .
ЖОРА , НАПР ГАЯ ПОСЛЕДН Е СИЛЫ , ОТРЫВАЕТ
ОДНУ РУКУ ОТ ТРО А , ШАРИТ В МО ОЙ ТЕ НОТЕ —
МОЖЕТ БЫТЬ , К О-ТО ИЗ ДРУЗЕЙ РЯДОМ ? НЕТ
ЗНАЛ Б Н ШЕСТЬ ЛЕТ НАЗАД , ЧТО ТАК О ЕРНЕТ
ТСЯ ДЕ О , НИ ЗА ЧТО НЕ ПО АЛ БЫ ЗАЯ ЛЕНИЯ
БЫЛО ВОТ ЧТО РОШЛ ВСЕГО Н ДЕЛЯ . АК ОН
ТО , ГЕОРГИ АДМИРОВ П УЧИЛ ПАСПОРТ . ТОГ А-
ТО ЖОРА И НАГИС ЗАЯВЛЕНИЕ , ПР СИЛ П ИНЯТЬ
ЕГО В ГЕОЛОГИЧЕСКУЮ ПАРТ НА ЕТНИЙ СЕЗОН .

¹⁾ Взамен французских текстов, приведенных автором, ниже даются аналогичные тексты, составленные путем вычеркивания из печатных (газетных и журнальных) текстов на русском языке определенного процента букв и других печатных знаков. Каждый элементарный пробел здесь заменяет букву, знак препинания или пробел между словами. При этом в соответствии с системой, принятой в работах по машинному переводу, каждый знак препинания рассматривается как однокбуквенное слово и отделяется от предыдущего и последующего слова пробелом. — *Прим. ред.*

Второй текст: 20%

О С Т Н И Е ОБ С А Н В К И В Л А С Е В Ы З В А Л О П О Д О З -
Р И Т Е Н У Ю Ш У И Х А И О Т А Ж С О Е Д Н И Х С Т Р А Н
Д А Ю Т И З Б А Н К О А , В О Е Н Н Ы Е Р У О Д И Т Е Л И А И Р Е -
Н Д А , В С Е Г А П О Д Д Е Р Ж И В А В Ш И Е В Ю Ю Г Р У П П И -
В К У , Н А Р Е Н Р Е Б Р О С И Т Ь Н О В Е С К А
Н А Г Р Н Ц У С Л А О С О М . В Е Й В И Д И М О
А Н А Л Г И Ч Н Ы Е Д Е С Т В И Я П Р Е Д П Р И Н И А Т С Я Ю Н О -
Б Е Т Н А М С К И М И А Р О Н Т Ч Н М И В Л А С Т Я М И
Н И Н Е М О У Б Ы Т Ь С О Л В А Н Ы И Н А Ч Е , К А К
Т Р Л Е Н И Е М П В Л И Т Ь Н О С Т А Н О В К У С Т Р А Е В
И Н Т Е Р Е С А Х Р А В Ы Х Б Ы Н Е Ш Н Я Я Н А П Р Я Ж Е Н О Б -
Т А Н В К В Л А О С - П Р Я О Й Е З У Ы Т Т Д Е Я Т Е Л Ь Н О -
С Т И П Р А В Ы Х С И Л , С О З Д А В Ш И Х А К Н А З Ы А Е М Ы Й
«Р Е О Л Ю Ц И О Н Н Ы Й О М И Е Т» О Р М А Л И Я Я Ж Е
П Л О Ж Е И З А В С И Т П Р Е Ж Д Е С Е Г Т Т О Г
Н А К О Л Ь К О Д О Б Р О С О Е С Т Н О П Р В А Я Г Р У П П
О В К А И П О Д Е Р Ж И В Ю И Е Е Е З А А Д Н Ы Е Д Е Ж А В Ы
Б У Д У Т Б Л Ю Д А Т Ь У С Л О В И Я Ж Е Н Е В С К И Х С О Г Л Ш Н И Й

Третий текст: 30%

О С Е Р Е О З К И И В О Т И М Я А И
Б Р О Р О Н Ы Е А Г О Н Ы Д Е Н Ф И И Р Е Н И Я Ж Е Л З Н О -
Р И Т С Я Ч Т О Т З А О Г Р О В Ы Я О И Н У К -
Ц И И Н И Т Е С Т В А Г Л Ь С К О Г О Х О Й С Т В А
И И Н О Р М А Ц И Н Н Ы Л Е Г Р А М Ы А Г Н А Х
В Т О Й И Т Ь Ы Е Й К А Е Г Р (П О Д О Р Е В А Е М Х
И Н Е К Ц И Я О С Ы А Т А Ц И Е Й Т П Р А В Л Е Н И
Н А А Н И К С Т Ц И Н А З Н А Е Н И Я Е З И Ф Е -
Ц И О Н Н П Р М О Ч Н О Й А Н Ц И Я А Е Т С Я
Ш О Г О Г А А М Н А А Л Ь Н И К А Л А Н О О Г У -
З О О О У П Р А В Л Е И Я С Т О В М Е И Х О В Д А Л
Р А С О Р Я Ж Е И Е П Р О Т П Р А В Т А К В А Г О Н О
Н А Б Р Я Н К У О Д П Р О М С Т А Н Ц И Ю О П И И Н Р М А Ц И -
О Н Н Ы Е Л Г Р А М В Ы С Ы А Т Ь Н Ч А Л Ь Н И К М Р У З О -
В О Н О Й В Е Т Р И Н Р Н О Й С Л У Ж Б С К О В С К О Л Е -
Н О Й О Р О Г

Четвертый текст: 35%

Р Е Е Л Я Ц А Б О Л Е Е С У Щ С Т В Е Н Ы Е Р О П -
К О О О П О Е Н И , В Л Я Т С Я Е В У Т Р Е Н Я
Б О Р Ь В М Е Д О Г О Н О Й Ю О В Ю К Н Т О И Ю
Ц А С Т В Н Ы М Р Е М Л Е Н Е О Х Р А Н Т Ь В О
С Т О Т У Т О В Д Р У Г У С Т Р О У Д О
Е Х П О П О А Ц А Р С В Е Р И Г А Н О И Н П О -
Г И Н Т О Н И Й Г Д А О С В О Ж Е Н А О Т Б Р Ь -
В Ы Ю В В Ы Л Е О П А Р И М Л Я И Н А С К Р Ы А Е
С В В С Е Й В О Е Й С И Е , В О С Ю М О Ъ
Т А Е Т П О Д Е Н И Л Ь Ы Е Р , П О Т А Е Д И Н О М
О Р А З Ж Е Н И Н А Ц А Р А Е О В Е К П О -
Т О М У А К М А С Т А Н А И В П Е А Т Я Ц Е К С -
И Р А С М Р Т К Е О П А Р Ы
Т О Й Ж В У Т Р Е Н Н Е Й О Р Ь О Й Н Е С К И М И
Ы Б Ы С Л А М И В Ь С Н Я Ю С Я П Ь Е С И М Л Е Н -
К И Е Ж И К Р У Н Ы Е З М Е Ы Л Е О П А Р Т О -
Г А И З Ф Р Е Е К В А С Т В Н Е Е Х Д Т В
Ф Е Р У И А С К О Г О А З И Т И Я О Б А З А : В О Д -
И Х С У Ч А Я П Е Р Е Е Ш И А Е Т Г И П Е Ц И

Пятый текст: 40%

У ПО ТО О УН У РОГР ММЫ ИЛ ЕГО РС -
 ТЬ ПР ДВКУ А И П Б Д НА ОР АЛЬ-
 НЫМ М ШЛЕ ЯЕ А А Е ИКОВ -ТОЛЬ О БЫ -
 УМК СТР УМЯ И И ОБ ЕТ ТЕЛЬНО ТИ ЛО-
 ЖИЛ М А Я НИК О ЕВ , О НА ЕМ
 ИЛ ТЕ
 ТА И СТ : Т ТО РАН ОЕ ЕК ЕН О АЛ НА
 АК ДЕ ИК И ЕГО ОХ Ж ГО НА Т , ЧТ
 МЫ СД ЛАЛ К ЗЫВАЕТ Я , ЕСЯТО РУЗОВ
 М ОТ ЕКЕ ЕЖА А И - О ПЛ ТЫ И ОСОБЫХ
 ПЛ О И УНК МИ, Е Д ЫМИ АР АМИ-
 И С Е И ЛЬН ОСТАВ ЕННЫ ТЕ ТА
 С ЭТО М Д Л Н БЫЛИ АСП ЕДЕЛИТ В АЗ-
 НЫХ ЕСТАХ ПЛАНЕ Ы У Н МУ ИЛИ Н ШИ
 Т Р БЫ ГДА АГНИ Ф А ОЛ АЛ
 Т Т СУ А ОШ БИЙ ИГ СХВ Т Л Я А Г Л В И
 А РАЛ ЧТО Ы С ОЛ ПЫ ЧТО Н ДО ВОЗ -
 Р Т ТЬСЯ С ЕЛ ТЬ КА Л ВЕ ИТ Н ТР К И .
 КАТЬ - Ш ПО ДЕ Ж Л Э О О Ч А А : ДЕ-
 П В БЩ М Е И И , Т В ЗВ А А Т С -

Шестой текст: 45%

Н ВЕРН -- В Д НУ А ОН , - А ЕРН
 СЛ Ч Л НА ОС О РЕ А Н , ЕГ С О М
 У БЫ И ПР ДВКУ А И П Б Д НА ОР АЛЬ-
 ТЕ ЕР УТ ПО Л КШ И А Ы О ЕВШ Я
 А А Е Б Г ЗАМ . ОН Ы ОХ Ж А
 ВОЕ Ч ТЦА , ТА О В С К Й СМ ГЛЫ .
 СЛ Ч Л О Б , Т О Н РОЧН С АЛА -
 ЧКА А К ГДА , Е О Е Н ПР ЧЕ , Е НУ
 Н УМ О СП ЯДИ Б Я А К Т ЕНЯ
 Т Т Б ВО БУШ Я Е ДЕ Н Я П О А ЕС И Й
 Т -НИ УДЬ ЛУЧ Т Я С МН Й , Е С А
 АШ . О А О К Я БЕЗ Т ЕТ АЯ , БОЮ Б
 З Е С Д БУ ... У Н Е , РА , ДА , М
 З Ч Т Л Н Е ... ВЕ Н Е , Т , ЕТ Х О ,
 ИРУ ГО , Н Я ЧТ Ю Б ЭТ М Н ОНА АК
 И А , Н А ЕТ А Т К Е М ЕТ О Т
 ЯТ ЗА , ЕВЯ , ЖИ Н В Е ТАК ... П Ш У
 ЕТ В Р ТЬ Я , Е О ТА ЛЯ Е ДН П Ш
 ЕМ , ОО Ш ОЧУ , ТО Ы ВЫ БЛ Д УЗ-

Седьмой текст: 50%

Г Я Ы А БЕ АЧ ТН НИ КУ , К Т -
 РО ВС Б ЛО А О Ж П Р ДК К
 И ЕГ СТ Е ДИ ИЗ Х Л Д ЫХ Е
 М Р А , О В А Р ЯСЬ СЛ ГЕ ЕР Д БН Й Е Е-
 ТИ И ИЗ А Р , Н И ЫН Р Д О , ОЧ
 АЧ СЯ З О , В О Н Я А Б Е Е А У
 ДЕН П С В В Н ЫЙ А Й Р Ч О ,
 Р О Л И Е М НУ А Г Н Л . Е С Ь Р С
 С О Л БЕ ЕГ . ЛЕ Л Р С Л СТ Н-
 Н И , ИД М Е И , ОТ М ЧА Т О Г Р Н Л
 А В Е О АЛ Т , А В ЧА , О Г
 Т Л Я С ОМНИ , КО Д Е Н , КО И А
 Н Т ТУ , Л Л ЕТ ТЬ , О А Б Л П Д
 Т ЕЛОМ , ЛА Е , Э КИ Е О О Г А Н П Д
 ИЛ Й ... Т Е Л Е Е Е Л Я П Т О , ОЧ
 Ю Н Т Л В Д У БЛ ВА Ь Я П Т О ,
 О ОРН Д ВА АШ С ЯТ Н Г О К У ,
 УБ Ш У , Н В А А Л , К Г А О Т Р Л
 А А , А А СИ Е А Р Д М Д Р АЛ Е О У-
 У У А-

Опыты, проведенные нами с такими текстами, привели к выводу, что полная избыточность французского языка равна примерно 55%, что хорошо согласуется с результатами, полученными Шенноном и Оливером [III-14] для английского языка, и, видимо, указывает на сходство их лингвистической структуры¹⁾.

Как заметил Шеннон [I-1], тот факт, что избыточность английского языка составляет 50%, означает, что, когда мы пишем по-английски, половина написанного предопределяется самой структурой языка и лишь половина свободно выбирается нами. Особенно интересно то, что эта избыточность является обобщенной мерой сведений, которыми мы интуитивно обладаем о структуре языка в целом, но вовсе не относится к *каждому изолированному элементу* языка.

Несколько экспериментов, проведенных с текстами различной степени трудности, из которых удалялось около 40% букв, показали, что время, необходимое для восстановления первоначального текста средним испытуемым, заметно меняется с изменением трудности текста. Это подсказывает метод измерения «понятности» письменных текстов. Аналогичные эксперименты были проведены нами и применительно к разговорному языку путем случайного удаления элементов устной речи, имеющих в среднем длину одной фонемы.

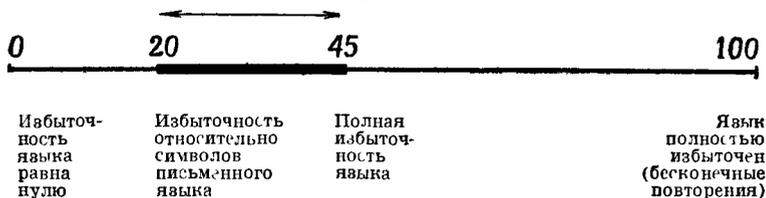
Одним из замечательных следствий явления избыточности, хорошо иллюстрирующим целостный и обобщенный характер наших интуитивных знаний об языке, является

¹⁾ Для русского языка избыточность приблизительно определяется как $R > 0,4$, или 40%. Сходные числа были получены и для ряда других языков (см., например, Я г л о м А. М. и Я г л о м И. И., [*I-15], стр. 195—199), в связи с чем высказывалась гипотеза, что во всех языках мира избыточность превышает 50%, а часто близка к 60—70% (см. Н о с k e t t С. F., «The problems of universals in language», *Universals of Language*, Cambr., Mass., 1963, p. 19). Однако установлено, что в действительности слодной в разных языках мира оказывается величина, определяющая количество информации на букву (или на фонему), тогда как избыточность может меняться в тех пределах, в которых колеблется величина алфавита (набора букв или фонем). (См., в частности, данные о русском, английском и самоанском языках: в последнем алфавит существенно меньше, чем в русском и английском, в статье: Н e u m a n н Е. В., W a u g h N. C., «The redundancy of texts in three languages», *Information and Control*, 3, № 2 (1960), p. 141—153.)

Об определении количества информации (энтропии) для русского письменного языка с помощью экспериментов, где использовалась интуиция говорящих, см. П и о т р о в с к а я А. А., П и о т р о в с к и й Р. Г. и Р а з ж и в и н К. А., «Энтропия русского языка», *Вопросы языкознания*, № 4 (1962). Сходные опыты с применением специально разработанных методов проводились А. Н. К о л м о г о р о в ы м (результаты не опубликованы).— *Прим. ред.*

возможность составления кроссвордов, т. е. возможность связывать одну и ту же букву с различными системами полиграммных вероятностей. Если бы избыточность была равна нулю, то любая последовательность букв образовала бы возможное сообщение, имеющее смысл; этот предельный случай представлен некоторыми секретными коммерческими телеграфными кодами. Если же избыточность высока, то структура языка накладывает на сообщение весьма строгие внутренние ограничения. Для того чтобы мог существовать «двумерный» кроссворд, избыточность языка не должна превышать 50%, а «трехмерный» кроссворд возможен лишь при понижении избыточности до 33%. Следовательно, рассмотренный выше пример избыточности древнееврейского языка показывает, что на этом языке можно составлять трехмерные кроссворды.

Какова связь между результатами исследований *полной* избыточности, например, французского языка (45%) и существенно меньшей избыточности (19%), полученной при рассмотрении модели языка как совокупности букв с определенной вероятностью появления каждой буквы? Их соотношение иллюстрируется следующей схемой:



В пределах выделенного жирной чертой отрезка осуществляется влияние мысли на язык, которая его организует, придает ему структуру, осуществляет кодирование; символы его связываются одни с другими в цепь Маркова, и вероятности появления каждой буквы (которой мы припишем индекс j) уже не являются более независимыми (p_j), а зависят от предшествующей буквы (с индексом i)¹⁾, т. е. эти вероятности теперь выражаются в виде

$$p_{ij} = p_j f(p_i).$$

Другими словами, процесс возникновения лингвистических сообщений был представлен нами слишком упрощенным образом. Воспользовавшись удачным примером Э. Бореля, предположим, что передатчиком является шимпанзе, вывалившая содержание типографской наборной кассы в мешок. Пусть она затем перемешала литеры и,

¹⁾ Точнее, от предшествующих букв $i < j$. — Прим. ред.

вынимая их одну за другой, выкладывает в строку. Таким путем были бы соблюдены вероятности p_i , но получались бы сообщения, обладающие оригинальностью, или уровнем информации, существенно большими, чем обычные сообщения на том же языке, так как обезьяна ввиду отсутствия у нее интеллекта не читала бы уже набранного, и предшествующий отрезок текста не оказывал бы никакого влияния на выбор следующей буквы. Замысловатый миф Платона о намагниченных словах, притягивающихся друг к другу, предвосхитил эту идею связи «энграмм»¹⁾.

Учет полиграммных вероятностей объясняет различие между избыточностью, вычисленной на основании вероятностей отдельных букв по основной формуле теории информации, и избыточностью, определяемой экспериментально путем произвольного выбрасывания элементов некоторого сообщения²⁾. Второй метод привел нас в случае французского языка к избыточности порядка 55%.

Это различие, легко выражаемое численно, позволяет увидеть границу, отделяющую реальные языковые сообщения от искусственно образованных сообщений, представляющих собой простые совокупности букв (примерами последних могут служить телеграфные коды).

Но в то же время это различие отражает и то интеллектуальное различие, которое существует между разумным индивидуумом и обезьяной-наборщиком, выдрессированной так, чтобы она умела набирать строки из литер, вынимаемых из рассыпанной наборной кассы (эта операция не выходит за пределы возможностей дрессировки человекообразных обезьян).



Наконец, это различие является (и это обстоятельство особенно важно) результатом воздействия интеллекта на

¹⁾ Энграмма — последовательность букв определенной длины, не обязательно являющаяся словом в обычном смысле. — *Прим. перев.*

²⁾ «Основная формула» (2), на которую ссылается автор, относится к статистически независимым событиям. Учет корреляции событий (например, появления букв в энграмме) требует применения более сложной формулы. — *Прим. ред.*

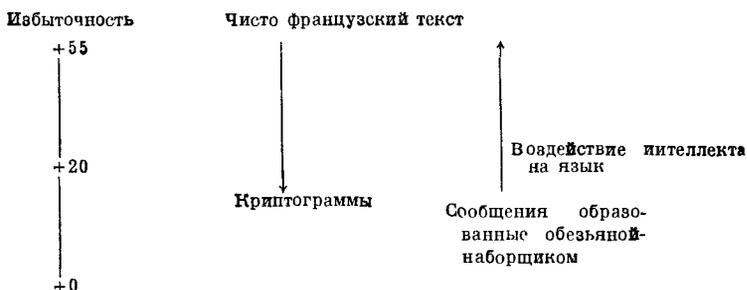
структуру сообщения. Выявляя роль полиграммных вероятностей (они часто неизвестны и, таким образом, почти невозможно ввести их в вычисление количества информации), различие между частичной и полной избыточностью указывает на ту роль, какую играют различия в интеллекте носителя языка, — человека и обезьяны-наборщика (возможность существования которой теоретически не является абсурдной).

Все предыдущие рассуждения могут быть изложены в несколько ином, более удобном виде. Нам нет нужды прибегать к нашим обезьянам-наборщикам, поскольку имеются люди, которые сознательно проделывают операции, определенно направленные на низведение языка от хорошо организованного состояния к состоянию, *на первый взгляд* очень сходному с тем, которое могло бы явиться результатом деятельности нашей обезьяны-наборщика. Речь идет о шифровальщиках, использующих при зашифровке так называемый метод перестановок: не меняя букв, они просто меняют их положение в тексте согласно определенному ключу, который неизвестен непосвященным.

Вот пример такой криптограммы:

ASURUZTREAEEUETNQHTNMARNC
TTRZYNUEEIQETOEAENOMTEC.

Эта последовательность букв на первый взгляд не отличается от того, что могла бы нам дать обезьяна-наборщик. Однако нам *известно*, что она имеет смысл, т. е. что это сообщение составлено из французских слов.



Таким образом, шифровальщик проделывает в обратном порядке ту работу, которая как раз отличает произведения пишущего человека от произведений обезьяны. Нам известна последовательность умственных операций, проводимых шифровальщиком для уничтожения смысла сообщения, однако нам неизвестны лингвистические за-

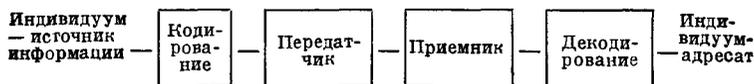
коны, определяющие различие между случайным набором букв и языком, в котором учтена совокупность полиграммных вероятностей. Статистическая обработка операций шифровальщика — последовательно возрастающих уровней вводимого им беспорядка — позволяет в принципе получить метод количественной оценки роли полиграммных вероятностей, что так трудно достижимо непосредственно ¹⁾.

§ 13. РАЗЛИЧНЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОДА

Совокупность таких, по предположению, известных адресату операций мы назовем «*кодированием*» сообщения, и она явится теперь предметом нашего рассмотрения.

В тех случаях, когда информация передается по искусственному каналу связи, передача информации имеет некоторые специфические особенности. Передача каждого символа *требует определенных затрат*, поэтому при передаче некоторой информации следует наилучшим образом использовать возможности канала. Следовательно, нужно специально *для передачи* применить наилучшим образом приспособленный к этому каналу язык. Иначе говоря, определив предварительно различительные свойства промежуточного технического приемника, расположенного на выходе канала, следует выбрать такой язык (поскольку все равно для передачи требуется какое-то кодирование), чтобы каждый из его символов, определяемых эффективными дифференциальными порогами приемника с учетом помех, внутренне присущих данному каналу, был *равновероятным* или по крайней мере возможно более приближался к этому идеалу.

Перевод сообщения на язык, специально приспособленный к данному каналу для повышения его пропускной способности, называется *кодированием*. В приемнике ему соответствует *декодирование*, совершаемое по тем же правилам и имеющее целью восстановить сообщение для его восприятия индивидуумом. Таким образом, передача сообщений происходит по следующей схеме:



¹⁾ Подробное изложение теории шифровки и дешифровки (криптографии) с точки зрения теории информации было дано в специальной работе К. Шеннона «Теория связи в секретных системах» [*I-14]. — *Прим. ред.*

Непосредственным примером может служить случай редактирования сообщения в *телеграфном стиле*, при котором исключается некоторое число весьма распространенных (во французском языке) слов, таких, как артикли, вежливые обращения, глаголы и т. п., чтобы сосредоточить внимание на значимых словах, менее предсказуемых (менее вероятных) и, следовательно, более оригинальных. При получении телеграфного сообщения адресатом последний восстанавливает, по крайней мере мысленно, его общий смысл (и, разумеется, опущенные артикли), — чтобы, например, сообщить новость знакомому своего круга¹⁾.

Выбор эффективного *кода* определяется, таким образом, рассмотрением вероятностей символов. Такое перекодирование, имеющее целью последовательное согласование человека с каналом, а затем снова канала с человеком, не всегда практикуется. Так, принятый в телефонии или обычном радиовещании код просто-напросто переводит сообщение из первоначальных переменных (звуковое давление и частота) в другие переменные (электрическое напряжение и частота как функции времени), без попыток его сокращения. Такой радиотелефонный канал передает сигналы, непосредственно вырабатываемые человеком, без перекодирования, но зато ценой огромной потери эффективности. (Габор указывает, что полосы в 2,5 *гц* при динамическом диапазоне в несколько децибел было бы достаточно для передачи при помощи *оптимального кода* всей информации звукового канала, обычно содержащейся в звуковом сообщении.) Проведенные нами эксперименты показали, что, даже не прибегая к кодированию, можно достигнуть значительного сокращения частотной полосы и динамического диапазона звукового канала ($\frac{1}{3}$ октавы \times 1 дб) за счет одной только начальной избыточности [III-10].

Человек не проявлял интереса к этим проблемам до тех пор, пока он, пытаясь выйти за пределы естественных способов передачи сообщений, непосредственно использующих звуковой канал, к которому он хорошо приспособлен, не был вынужден прибегнуть к некоторому «техническому» каналу, свойства которого априори вовсе не обяза-

¹⁾ Как известно, для языка телеграмм, составляемых по-русски, характерно опускание предлогов, которые можно восстановить благодаря наличию падежных форм в русском письменном языке, где одно и то же синтаксическое значение выражается двумя способами: аналитически — предлогом (например, *в*) и синтетически-падежной формой (например, *гостинице*); поэтому в сочетании типа *живу в гостинице* предлог избыточен и может быть легко восстановлен из сокращенной телеграфной формы *живу гостинице*. — *Прим. ред.*

тельно должны были соответствовать свойствам естественных каналов связи.

Первоначальные попытки в этом направлении (на стадии усовершенствования технических средств) заключались в том, чтобы повысить параметры технического канала до уровня, соответствующего сообщениям, которые было желательно передать. В области передачи звуковых сообщений это оказалось осуществимо, правда, ценой затраты значительных усилий, энергии и *средств*. Совсем недавно эта проблема была рассмотрена под углом зрения количества переданной информации. Одна из задач настоящей работы состоит в том, чтобы выяснить, в какой мере эта точка зрения оправдана: принимая, что целью связи между индивидуумами в сущности является передача информации, ставится задача определить, каковы точная природа и набор элементов передаваемых сообщений.

Ввиду этого ранее принятая схема, послужившая нам для установления меры количества информации, является недостаточной; она довольно хорошо согласуется с такими системами передачи, как фототелеграф, телегап и т. п., но слишком элементарна и несовершенна для изучения языка. В самом деле, мы до сих пор предполагали, что символы при передаче выбираются из «кассы» бесконечной емкости. Кроме того, мы только что убедились в том, что большинство сообщений не характеризуется *независимыми друг от друга* вероятностями и символами, а наоборот, вероятность некоторого символа зависит от совокупности символов, предшествовавших ему в данной последовательности. Так, во французском языке вероятность того, что за буквой *q* последует буква *u*, очень близка к величине $(30\ 000 - 3)/30\ 000 \approx 1$, т. е. это событие почти достоверно, поскольку слова, где за буквой *q* следует нечто, отличное от *u*, чрезвычайно редки (*соq, сinq, Iгаq*)¹. Точно так же, если мы случайным образом отметим на картине художника «точку», угловые размеры которой близки к размерам элемента сетчатки глаза, то можно биться об заклад с большой вероятностью выиграть, что цвет элемента картины, непосредственно прилегающего к отмеченной «точке», будет очень сходным с цветом этой точки. Картина, рассматриваемая в таком масштабе, состоит из большого числа цветовых пятен, внутри каждого из которых выдерживается один и тот же цвет; эти пятна представились бы нам в большем масштабе как элементарные мазки кисти художника.

¹ Во всех трех случаях за *q* следует пробел (т. е. буквой, отличающейся от *u*, может быть только пробел).— *Прим. ред.*

Итак, выбор последовательных элементов сообщения есть процесс, соответствующий цепи Маркова; этот процесс можно описывать последовательными приближениями, рассматривая после вероятностей появления различных символов p_i, p_j, \dots вероятности появления *диграмм* (пар символов) p_{ij}, p_{jk}, \dots , затем вероятности *триграмм* (троек символов) p_{ijk}, p_{jkl}, \dots и т. д. Для сообщений, состоящих из конечного числа символов (письменный язык), эти вероятности становятся *в совокупности* все более и более малыми, как только величина «энграмм» достигает нескольких элементов, даже если в отдельных случаях и замечается обратное явление, объясняемое локальными колебаниями условных вероятностей следования одних элементов за другими.

Совокупность четырех или пяти букв, соответствующая очень часто употребляемому слову (например, -oui-, -non-, -les-, quand), может иметь очень высокую вероятность p_{ijkl} (такой будет, например, $p(-les-)$ — вероятность слова «les» во французском языке), хотя в среднем p_{ijklm} остаются малыми. Поэтому следует рассматривать не только именно эту энграмму, а все множество последовательных энграмм, состоящих из последовательности четырех букв, составленной из слова «-les» (напомним, что в теории письменного языка пробел всегда рассматривается как буква алфавита) и пятой буквы, взятой из предшествующего или последующего слова, которое, очевидно, может быть выбрано почти совершенно произвольно.

В простом случае, когда имеются два последовательных символа i и j , достаточно очевидно, что неопределенность совместных событий ij равна неопределенности i плюс неопределенность j при известном i :

$$\begin{aligned}
 H(ij) &= H(i) + H(j) = \\
 &= \sum_1^n p_i \log_2 p_i + \sum_1^{mn} p_i(j) \log_2 p_i(j) .
 \end{aligned}$$

«Вероятности диграмм» $p_i(j)$ и вероятности монограмм p_i в некоторых случаях могут быть известными, и тогда можно определить изменение количества информации, связанное с наличием диграммных связей между символами. Таким путем вводятся условные вероятности, учитывающие связи между символами, и это позволяет оценить избыточность сообщений, возникающую благодаря присутствию этих факторов в получаемой информации.

С каждым уровнем кодирования, используемого при передаче информации, связана избыточность особого рода.

В соответствии с принятой нами точкой зрения мы рассматриваем страницу печатного текста:

- как изображенный черным по белому рисунок (точка зрения художника);
- как совокупность букв (точка зрения наборщика);
- как совокупность слов (точка зрения читателя);
- как совокупность печатных блоков (точка зрения верстальщика).

Соответствующий набор символов существенно меняется:

- в первом случае он сокращается до двух символов: черное пятно — белое пятно;
- во втором случае он расширяется примерно до 200 типографских знаков;
- в третьем случае он увеличивается уже примерно до 30 000 слов;
- в последнем случае он зависит от размеров используемых типографских колонок, образующих некое «множество», хорошо известное работникам типографий.

И для каждого из этих сообщений имеется своя избыточность, меняющаяся как функция статистических законов, управляющих соответствующей совокупностью символов, а следовательно, и каждым из рассмотренных здесь «языков».

Протяженность связей между элементами набора (выражаемых совокупностью вероятностей энграмм p_{ijk}) характеризует имеющиеся у приемника сведения о строении языка, используемого для передачи сообщений, и определяет для него уровень избыточности.

За исключением технических каналов, когда приемник и передатчик, участвующие в связи между некоторыми лицами, определены совершенно точным и объективным образом, априори не существует единой оценки информации и действительная информация зависит от общей совокупности сведений, которыми располагают приемник и передатчик. Для двух индивидуумов m и n следует воспользоваться понятием социально-культурной матрицы A_{mn} , которая определяет *действительную* информацию, переданную некоторым сообщением.

Это ограничение естественно и дает возможность снова сделать вывод, который можно было бы заранее предвидеть на основании изучения социологии культуры, а именно, что количество информации в сообщении не меняется с изменением пути, который оно должно пройти в обществе от точки m до точки n в некотором социальном поле. При

этом, если допустить, что сообщение передано точно и полностью, количество информации есть величина переменная, меняющаяся с изменением точек отправления t и получения n в социально-культурном поле и *не зависящая* от использованного пути, в частности от промежуточных лиц, участвовавших в передаче сообщения.

Если x через y , r или q сообщает z некую «интересную» фразу, то первоначальный интерес этой фразы зависит только от x и z , но не от личных познаний посредников y , r или q , которые вольны считать ее оригинальной или банальной, лишь бы они ничего не меняли в ней. Можно сказать, что мнения печатника или книгопродавца относительно временных сообщений, которые они транспортируют или подвергают различным операциям, никоим образом не влияют на величину оригинальности книги, предназначенной автором для определенного круга читателей. Это тривиальное замечание имеет целью только подчеркнуть *материальную* сторону передачи информации.

На практике при изучении сообщений в основном оперируют с совокупностью вероятностей одиночных символов p_i и гораздо реже с диграммными вероятностями p_{ij} ; в действительности же последние составляют *статистическую основу* для «всех аналогичных сообщений», и все выводы, сделанные относительно них, по давню применимы к более дифференцированному, более тонкому изучению «языка», используемого в исследуемом канале — независимо от того, идет ли речь о музыкальных сообщениях, устной речи, письменных текстах или живописи. Вопрос о точном вычислении дополнительной избыточности, которая возникает из-за того, что каждый приемник обладает собственными познаниями относительно всех сообщений определенной категории, мы относим на конец книги, где дается опыт построения некой «теории дифференциальной информации» (по аналогии с «дифференциальной психологией» в социологии; ср. «теорию социального поля» К. Левина).

Но основная мысль, которая нас постоянно занимает и красной нитью проходит через всю главу, состоит в том, что информация является *измеримой* величиной, каков бы ни был частный вид рассматриваемого сообщения, и мы постарались обосновать это статистически. В последующих главах мы применим наши основные выводы к случаю, когда приемником является некий «нормализованный» человек. Это позволит нам получить результаты, аналогичные тем, которые получены для технических приемников; дальнейшее уточнение этих выводов окажется возможным на основе дифференциальной теории.

§ 14. ВЫВОДЫ

В настоящей главе мы попытались сформулировать основные положения теории информации в ее современном виде, опираясь на следующую систему аксиом:

1. Поведение индивидуумов определяется сообщениями, поступающими из окружающей среды; сообщения имеют сложную форму.

2. Элементарная структура этих сообщений в части, касающейся последующих реакций индивидуумов, определяется психофизиологическими свойствами приемника.

3. Наряду с непосредственно поступающими сообщениями (а только они и признаются элементарной психологией) следует различать сообщения, удаленные во времени или в пространстве и воспроизводимые в окружающей среде путем использования пространственных (например, передача) или временных (например, запись) каналов связи.

4. Между пространственными и временными сообщениями можно установить соответствие путем использования процесса *развертки*. При этом происходит последовательная выборка различных точек некоторой пространственной структуры, расположенных в определенном порядке.

5. Эти сообщения *измеримы*, причем мерой служит *количество информации*, выражающее их оригинальность, т. е. передаваемую сообщениями степень непредсказуемости.

6. Эта оригинальность, или информация, выражается через логарифм числа возможных сообщений, обладающих одинаковой видимой структурой, между которыми передатчик должен был произвести *выбор*.

7. В случае одного сообщения, состоящего из N элементов, взятых из набора n символов с вероятностями появления символов p_i , информация H , выраженная в *битах*, равна

$$H = -N \sum_1^n p_i \log_2 p_i.$$

8. Для данного числа символов количество информации достигает своего максимального значения, если структура «языка», определенная этим набором символов и использованная в канале передачи (а в известных случаях и индивидуумом), такова, что все символы имеют одинаковую вероятность появления (*равновероятные* символы).

9. Информация, таким образом, есть *величина*, существенно отличная от *значимости* (signification) и не зависящая от последней: сообщение с максимальной информацией

может казаться лишенным смысла, если индивидуум не способен его *декодировать* и тем самым привести к понятной форме. В общем случае понятность сообщения меняется обратно пропорционально его информации.

10. По существу информация есть мера сложности форм (pattern), предлагаемых восприятию. Понятия сложности и информации некоторой структуры, формы или сообщения являются синонимами.

11. Избыточностью называют величину

$$1 - \frac{H_1}{H_m},$$

выражающую (в процентах) то, что в сообщении *сказано сверх необходимого*. Она выражает «расточительное» использование символов при плохо выполненном кодировании (по крайней мере с узкой точки зрения пропускной способности канала). Избыточность дает нам гарантию против ошибок в передаче, ибо она позволяет восстанавливать сообщение даже при отсутствии части его элементов, исходя из тех сведений о структуре использованного для передачи языка, которыми априори располагал приемник.

12. Избыточность и информация сообщений данного вида по определению не зависят от сделанного частного выбора из возможных сообщений, но они зависят от общей совокупности сведений, которыми располагают приемник и передатчик, что приводит к идее дифференциальной информации, по крайней мере в случае, когда приемником является человек.

13. Всегда возможно определить некоторый средний приемник при помощи методики, применяемой в психологии для определения «нормальных» характеристик индивидуума, но с гораздо большей достоверностью, так как здесь учитываются такие простейшие способности человека, как знание основ языка, система мышления и т. п.

Изложение теории в такой аксиоматической форме может вызвать различные возражения. Последние распадаются на две категории:

а) одни из них относятся к грубости и недостаточной строгости многочисленных предположений, сделанных в теории, а также в примерах, выбранных для обоснования рассуждений. Их мы считаем второстепенными и пренебрежем ими — во-первых, потому, что само существо теории информации состоит в резком разграничении явлений сложной действительности для более ясного ее понимания, а следовательно, для какой-то ее схематизации, а во-вторых,

потому, что как всякая новая теория она является некоторой *гипотезой* и не претендует на универсальное применение;

б) другие возражения касаются самих понятий, вводимых в этой работе: кода, оригинальности, значимости, избыточности.

Эти понятия чрезвычайно важны, и мы посвятим их рассмотрению последующие главы.

II. Понятие формы в теории информации: периодичность и элементарные структуры

„Всегда помните, что картина — это прежде всего плоская поверхность, покрытая красками, расположенными в определенном порядке, а уже потом — кавалерийская лошадь, обнаженная фигура или какое-то историческое событие“.

МОРИС ДЕНИ

Развитие теории информации, составляющее предмет настоящей главы, будет осуществляться путем последовательного расширения этой теории с тем, чтобы она все более и более полно отвечала сложности реальных явлений. В самом деле, нам известно, что, будучи развита сначала в физико-математическом аспекте для применения в первую очередь к материальным системам, эта теория характеризуется аксиоматической строгостью; поэтому слабости этой теории обнаруживаются, как только мы пытаемся применить ее к приемнику-человеку, т. е. к проблемам восприятия. В своем элементарном виде это атомистическая теория, рассматривающая воспринимающего индивидуума как развертывающее устройство. Это практически весьма удобный способ рассмотрения, в общем вполне оправданный с точки зрения психофизиолога.

Но при таком подходе сознательно отбрасывается целая область аспектов реального восприятия, а именно те аспекты, которые рассматриваются в интегральных теориях восприятия, т. е. в теориях, предполагающих, что явления или объекты действительности всегда воспринимаются в целом. Было бы слишком смело допустить, что всю психологию можно свести к психофизиологии, даже если принять такое допущение лишь в качестве рабочей гипотезы. В этом мы встречаемся с одним из диалектических противоречий, имеющих место в экспериментальной психологии. Может ли теория информации преодолеть это противоречие?

§ 1. ТЕОРИИ ФОРМЫ И ТЕОРИИ РАЗВЕРТКИ

Теория *развертки* и теория *формы* предлагают для объяснения нашего восприятия окружающего мира две на первый взгляд противоречащие друг другу концепции. Первая теория описывает восприятие как *интегрированный процесс развертки* и ищет аналогию зрительному восприятию в обзревании объектов с помощью развертывающих телевизионных камер, дополненных системами памяти, примером чего могут служить недавно разработанные технические устройства.

Эта теория, развиваемая психофизиологами, каждый день подтверждается все новыми экспериментальными данными. Например, следует обратить внимание на новейшие результаты электроэнцефалографии, которые подтверждают гипотезу развертки поля зрения, осуществляемой в мозгу [II-1], и на установление факта, что если рассеянное поле зрения очень велико, то *рабочее* поле зрения, на котором концентрируется наше внимание, весьма ограничено (если бы это было не так, то отсутствовало бы движение глаз при чтении печатной страницы).

Преимущество *интегральных* теорий восприятия, вытекающих из теории формы, заключается в том, что они согласуются с непосредственно очевидным фактом: невозможно отрицать, что мы воспринимаем букву или *идеограмму*¹⁾ как нечто целое. Но мы знаем, что даже в самых

¹⁾ Идеограмма — письменный знак, обозначающий не фонему или группу фонем, а какое-либо слово или понятие в отвлечении от его произношения. Примерами идеограмм в современных европейских письменных языках являются арабские и римские цифры, структурные формулы химии, символы математической логики и т. п. Употребление идеограмм в особенности характерно для иероглифических систем письма (древнеегипетской, шумерской клинописи, китайской иероглифики и т. п.).— *Прим. ред.*

благоприятных случаях (рассматривание картины или киноэкрана) эти теории необходимо дополнить предположением о наличии процесса развертывания, как только мы хотим воспринять какое-либо явление с исчерпывающей полнотой и запомнить его. Кроме того, хотя концепции образа и формы согласуются с опытом, они слишком мало дают нам для понимания внутренней природы явлений, предшествующих восприятию целого. Под «*формой*», или «*образом*» (Gestalt), мы понимаем здесь группу элементов, которые в своем единстве воспринимаются как нечто, *не являющееся* плодом случайного сочетания.

Как первая, так и вторая теории представляют нам неоспоримые факты и, какова бы ни была их последующая эволюция, нам кажется, что тем или иным путем должен быть осуществлен синтез этих теорий. За неимением такой синтетической теории понятие количества информации, введенное нами в предыдущей главе, должно позволить нам выявить *границу* между теми областями, где законным является применение той или другой из этих теорий. Вполне допустимо, что поле применения теории «*образа*» в точности не измеряется ни угловым полем зрения, ни минимальным временным интервалом, необходимым для исчерпывающего восприятия, а измеряется *количеством зрительной информации*.

Понятие *минимального времени* («плотности восприятия») характеризует минимальный временной интервал θ_0 , необходимый для *интегрального* «одновременного» охвата всех элементов воспринимаемого явления. Поэтому не будет ошибкой сказать, что теория формы, т. е. теория интегрального охвата всех элементов, образующих восприятие, справедлива (по крайней мере как гипотеза), когда это восприятие происходит за промежуток времени θ_0 . Иными словами, можно сказать, что если даже существует механизм развертки, происходящей в сетчатке или в мозгу, то при восприятии, осуществляющемся за время θ_0 , мы не отдаем себе в этом никакого отчета ¹⁾.

Таким образом, мы вынуждены допустить (гипотеза, которой мы будем часто пользоваться в дальнейшем), что индивидуум способен за промежуток времени θ_0 , который представляется ему бесконечно малым, во всяком случае, уже более не разложимым, воспринять только *ограниченное* число элементов N_0 . Если изображение, поступающее

¹⁾ Количественные данные о минимальном времени обработки информации в центральной нервной системе (применительно к речи и некоторым другим видам деятельности) см. в работе [* VI-21].—
Прим. ред.

к нему, будет содержать значительно большее количество элементов, то его восприятие не будет больше глобальным, целостным, а будет осуществляться путем более или менее сложной *развертки*.

Таким образом, мы приходим к следующему выводу: при $N < N_0$ теория формы в первом приближении применима (до крайней мере как гипотеза, т. е. не предопределяя существующего на самом деле психофизиологического механизма);

при $N > N_0$ более приемлемой в первом приближении оказывается какая-либо достаточно детализованная теория развертки: при анализе восприятия мы найдем какой-то развертывающий механизм, и восприятие всего поля зрения потребует времени θ , кратного θ_0 .

Изложенная здесь весьма упрощенная теория не дает возможности предсказать время θ , так как для того, чтобы получить представление о том, как воспринимающий индивидуум развертывает предъявленное ему изображение, необходимо было бы знать степень его мгновенной заинтересованности. А это очень сложно, ибо заинтересованность существенно зависит от того, что индивидуум находит в изображении. Отметим лишь, что существует большое число частных случаев, например случай, когда индивидуум не обладает неограниченным временем для того, чтобы на досуге рассмотреть в подробностях все, что находится в его поле зрения. Примером из экспериментальной психофизиологии могут служить внезапно освещаемые изображения, а из повседневной жизни — наблюдение, требующее быстрых ответных реакций (например, при управлении автомобилем или самолетом). Напротив, встречаются и обратные случаи, когда от индивидуума требуется «глубокая» развертка зрительного поля: например, при некоторых тестах на внимание или на словесное описание изображений. В таких случаях индивидуум стремится методически охватить все поле зрения, что устраняет вышеупомянутый параметр заинтересованности, так как в этом случае априори все одинаково интересно. Наконец, в этом последнем случае имеется обстоятельство, существенно упрощающее дело: гамма различаемых контрастов $L(\Omega)$ сводится к двум цветам — черному и белому (сведение набора символов к минимуму, или двоичные сигналы), а величина N уменьшается до числа мгновенно оцениваемых элементов. Обычно это и имеет место при чтении рукописного или печатного текста.

Из работ по чтению идеограмм [VII-11] и исследований скорости восприятия типографских шрифтов в зависимости от их жирности [VII-12] точно известно, что существует

пропорциональная зависимость между временем развертывания и исчерпывающим просмотром воспринимаемого поля, что косвенно подтверждает, с одной стороны, предыдущее замечание, а с другой стороны, применимость теории информации к области зрения и к чтению. Таким образом, предшествующие работы показывают нам превосходство с этой точки зрения идеографических систем письменности, которые хорошо используют способности глобального восприятия формы в идеограмме для передачи большего смыслового значения посредством одного символа, чем любые алфавитные системы, каковы бы ни были их другие достоинства [VII-11] ¹).

§ 2. ОГРАНИЧЕНИЕ СКОРОСТИ ВОСПРИЯТИЯ ИНФОРМАЦИИ

Следует заметить, что, когда мы говорим об ограничении пропускной способности канала, образуемого воспринимающим индивидуумом, это представляет собой лишь попытку точно выразить тот общеизвестный факт, что мы тратим больше времени на «распознавание» сложного рисунка, чем на разглядывание карикатуры, выполненной тремя карандашными штрихами. Точно так же, если мы будем рассматривать картину Иеронима Босха и портрет работы Филиппа Шампанского, то первая потребует гораздо боль-

¹ Работы по автоматическому распознаванию иероглифов (см. Шевенко С. М., О распознавании китайских иероглифов, М., 1963; Шевенко С. М., Лингвистические вопросы распознавания знаков китайского и японского письма, М., 1963) показывают, что распознавание иероглифов может моделироваться не только с помощью глобального сравнения, но и путем последовательного разложения и уменьшения элементов этого разложения. С другой стороны, установлено значение небольшого числа элементарных черт, с помощью которых, в частности, можно автоматически набирать иероглифический текст; см. Caldwell S. H., "The Sinotype—a Machine for the Composition of Chinese from a Keyboard", *J. Franklin Inst.*, 267, № 6, 471—502 (1959).

Существенно то, что количество информации, приходящееся на один элементарный штрих иероглифа, имеет тот же порядок, что и количество информации на одну букву в письменном языке и на одну фонему в устном языке: $H_1=3,79 \text{ бит}$ на один штрих в китайской иероглифике, $H_1=4,03 \text{ бит}$ на одну букву в английском письменном языке, $H_1=4,35 \text{ бит}$ на одну букву в русском письменном тексте, $H_1=3,908 \text{ бит}$ для французского языка (см. M o r e a u R., «Linguistique et télécommunications», *Onde électrique*, 42, № 426, 731—737 (1962)) и т. п. Поэтому иероглиф следует считать не принципиально отличным от буквы, а составленным из некоторых более простых «букв» (элементарных штрихов). Указанными различиями объясняется и тот факт, что при травматических нарушениях работы мозга восстановление алфавитного письма может протекать быстрее, чем иероглифического.— *Прим. ред.*

ше времени ¹⁾. При точном выражении упомянутого факта главное заключается в том, чтобы открыть доступ к введению количественной оценки этого явления и связать ее с совокупностью опытов в самых разнообразных областях, по крайней мере в наиболее благоприятных случаях, ибо сама по себе общеизвестная констатация факта не продвигает вперед проблему восприятия.

Это замечание часто будет использоваться нами в дальнейшем. Оно вытекает из отождествления индивидуума с приемником информации; в силу этого существует ограничение скорости сигналов, которые он способен воспринять. Говоря точнее, можно учесть статистическую природу поступающей информации путем «взвешивания» ее элементов сообразно со степенью их оригинальности в соответствии с основной формулой

$$H = - \sum p_i \log_2 p_i.$$

Тогда именно эта величина H определяет количество оригинальности, воспринимаемое индивидуумом, и, следовательно, ограничивает скорость восприятия им поступающей информации.

Практически мы имеем здесь дело с чисто аксиоматическим принципом, который мы принимаем как один из основных законов восприятия. Если считать, что психология — объективная наука, подчиняющаяся общим законам, изложенным в нашем введении, то абсурдно было бы априори допустить возможность того, что индивидуум, представляющий собой психофизиологический механизм, может мгновенно воспринять неограниченное количество информации; такое допущение немедленно вызвало бы многочисленные парадоксы. При таком подходе индивидуум должен был бы стать всезнающим, ибо для информации, которую он может получить из внешнего мира, не существовало бы иного ограничения, кроме пределов самого окружающего мира. Он мгновенно воспринимал бы, например, всю совокупность сведений, содержащихся в географической карте, не только в общих чертах, но и в мельчайших подробностях; ему достаточно было бы одного взгляда, чтобы усвоить содержание страницы энциклопедии, и т. д. Чтобы избежать подобных парадоксов, следует принять за аксиому, что существует некий *максимальный*

¹⁾ Портрет кисти французского художника Филиппа Шампанского (1602—1674) приводится в качестве образца обычной классической портретной живописи в отличие от картин Иеронима Босха (ок. 1450—1516), фантастические композиции которого отчасти предвосхищают некоторые черты композиций ряда художников новейшего времени. — *Прим. ред.*

предел восприятия индивидуумом информации N_0 за элементарный отрезок времени («плотность восприятия»), или, если эта плотность восприятия может быть приравнена к постоянной, что существует максимальная скорость восприятия информации N за промежуток θ (или за единицу времени, в зависимости от метода рассуждений). И тогда сразу же можно заметить, что эта максимальная скорость усвоения воспринимаемой информации значительно ниже скорости поступления информации от окружающих нас источников информации: видимых, слышимых или осязаемых. Иными словами, мы используем лишь очень малую долю информации, которая приходит к нам из внешнего мира.

В психологии этот факт общеизвестен. Последние работы, посвященные восприятию человека, показывают, что предельное значение скорости восприятия информации равно примерно 10—20 бит/сек [1-9]. Приспособление к окружающим условиям, обучение, происходящее благодаря взаимодействию со средой, заключается именно в том, чтобы научиться *отбирать* в сложных и во многом избыточных сообщениях, приходящих из окружающей среды, только некоторые элементы, выбранные и скомбинированные так, чтобы дать нам возможность все время контролировать окружающий мир. А это ведет нас к попытке определить (гл. III), как происходит такой отбор и каким правилам и законам он подчиняется. Воспринимать — это значит отбирать, а понять мир — значит понять правила, по которым производится этот отбор при восприятии.

§ 3. ПОНЯТИЕ О ДЕСТРУКТИВНОЙ ФОРМЕ ИНФОРМАЦИИ. СООБЩЕНИЕ, НАИБОЛЕЕ ТРУДНОЕ ДЛЯ ПЕРЕДАЧИ

Именно при осуществлении выбора мы сталкиваемся с концепцией *формы*, которая представляет собой обобщение, отвлекающееся от сложности реального мира, и всякий успех в этом исследовании отбора, осуществляемого индивидуумом при восприятии, должен способствовать развитию теорий формы (образа).

Всякая форма, или «образ» (Gestalt), является первоосновой структуры и как таковая выражает воздействие того, что может быть понято (l'intelligible), на то, что может быть воспринято (le perceptible). Чтобы сделать это более очевидным, сформулируем прежде всего в более точных (в рамках проводимой здесь теоретической интерпретации) терминах необходимость введения элементарной структуры в поле восприятия, рассмотрев вслед за

понятием максимальной информации понятие *сообщения*, наиболее трудного для передачи.

Из изложенной выше теории нам известно, что сообщением, несущим наибольшее количество информации и, следовательно, наиболее трудным для передачи, является сообщение, обладающее следующими свойствами:

а) его символы сведены к элементам, которые могут быть восприняты приемником (согласование с каналом). Если, например, приемником является человек и сообщение воздействует на зрительный канал, то это сообщение будет последовательностью элементов, размеры которых (рассматриваемые при обычном угле зрения) будут близки к размерам раздельно различимых пространственных элементов, которые мы рассматривали в гл. I, а яркости распределены по всей гамме контрастов, различаемых светочувствительными элементами;

б) оно не представляет собой упорядоченной последовательности элементов, значения которых *априорно* предсказывались бы приемником; элементы последовательности равновероятны, т. е. вероятности их появления равны ($H = H_{\text{макс}}$).

Такими свойствами обладает наиболее трудное для передачи сообщение (зрительное, например), которое в максимальной степени использует пропускную способность нашего зрительного канала (при этом мы для упрощения оставляем в стороне цветные сообщения).

Мы весьма хорошо представляем себе априори, какой характер имеет это сообщение (например, на телевизионном экране). Оно будет представляться нам как непрерывно волнующийся серый туман, в который вкраплены бесконечно изменяющиеся очертания. Короче, в общем и целом оно не отличается от *шума фона*; этот шум подчиняется тому же статистическому распределению элементов, появляющихся равновероятным образом. Но если сообщение представляется нам вообще лишенным какого-либо интереса, так как смысл его нам совершенно непонятен, то это может означать лишь то, что сообщение содержит слишком много информации, избыток которой превосходит возможности нашего восприятия. Поэтому наше восприятие отказывается функционировать и возникает потеря интереса к данному сообщению. Здесь имеет место парадокс, аналогичный примеру № 10 предыдущей главы, где были приведены тексты, в которых в качестве элементарных символов сообщения выступали слова, по-видимому никак не связанные между собой.

Чтобы объяснить этот парадокс, попробуем прежде всего рассмотреть его с другой точки зрения. Отметим, что

если такое сообщение ничем внешне не отличается от шумового фона, т. е. от хаотического явления, лишённого всякого смысла, то только потому, что приемник на деле *не знает* замыслов передатчика. В *данном конкретном случае* шум — это особое сообщение. Следует передать именно его и ничего более. Он не может быть заменен похожим или напоминающим его сообщением. Целостность этого сообщения должна обязательно соблюдаться. Поэтому если достаточно легко получить в приемнике новое сообщение, внешне очень сходное с данным, то трудной задачей (самой трудной из всех возможных) является *точное* восстановление этого сообщения в частностях, например с тем или другим черным или белым пятном в той или другой части изображения в данный момент. Такие детали могут быть повреждены или уничтожены во время передачи, а восстановление их затрудняется тем, что приемник не обладает избыточностью — т. е. априорными знаниями о непрерывно меняющейся структуре такого изображения. Таким образом, это особое, наиболее трудное для передачи сообщение (хотя его очень легко воспроизвести приближенно), одновременно является и *самым хрупким*. Оно не содержит больше полиграммных связей, которые позволили бы адресату хотя бы примерно догадаться о том, что следует дальше, исходя из того, что было до этого.

Если такое сообщение полностью лишено интереса для безразличного взгляда, то дело обстоит совершенно иначе, если индивидуум априори знает, что каждый квадратный сантиметр изображения является носителем определенного сообщения, скрытого в расположении точек и строк, которое каким-то известным способом может быть расшифровано. Положение здесь то же, что и в случае криптограммы, которая часто представляется на первый взгляд беспорядочным скоплением букв. Такое сообщение, совершенно неинтересное для профана, несет, однако, важную для определенной цели информацию, хотя оно и сложным образом запутано, и для опытного дешифратора такая криптограмма интереснее любой ясной фразы. С аналогичным ходом размышлений мы встречаемся и в статистической психологии, где широко известно, что идеально-средний индивидуум, т. е. индивидуум, наделенный комплексом наиболее вероятных качеств, представляет собой чрезвычайно *редкое* явление.

В таком случае можно сделать вывод, что это особое сообщение, отобранное из всех других аналогичных сообщений, «интересно» только тогда, когда у нас априори есть уверенность в том, что сообщение *должно* быть интересным, и если мы *сумеем обнаружить в нем организацию*.

Такое сообщение никоим образом не привлекает нашего самопроизвольного внимания, оно полностью лишено эстетического значения, ибо никак не воздействует на спонтанные способности воспринимающего *индивидуума*. Оно представляет интерес только для машины: переводческой или дешифровальной. Это отсутствие самопроизвольного значения с теоретико-информационной точки зрения связано со слишком большим поступлением информации, а с обычной психоэстетической точки зрения — с отсутствием *структуры*¹⁾, внутренней организации, которая тем самым оказывается связанной с количеством поступающей информации. Отсутствие структуры, внутренней организации эквивалентно слишком большому поступлению оригинальной информации. Та же картина наблюдается при сравнении видовой открытки с фотографией: открытка с видом широкого охвата, как бы четко ни было изображение, трогает нас значительно меньше, чем крупный первый план, снятый талантливым фотографом.

Таким образом, мы можем на основании предшествующих результатов утверждать, что всякое осмысленное восприятие сопротивляется простой развертке или жертвует ею в пользу иного типа восприятия, организуемого воспринимающим индивидуумом в соответствии со сведениями, априори известными индивидууму о сообщении. Мы уже установили, что эти предварительные сведения могут быть оценены благодаря измерению *избыточности* сообщения, которая служит статистической мерой того, что в сообщении передано лишнего, т. е. сверх необходимого.

Максимальная информационная емкость (или *максимальная пропускная способность*) канала может быть полностью использована только приемником, ровно ничего не знаящим о том, что может быть ему передано, для которого все символы равновероятны; в общем случае это как раз и справедливо для всех технических каналов. По сравнению с этой максимальной пропускной способностью реальная информация, переданная тому или иному приемнику А, всегда будет меньше, если речь идет о приемнике-индивидууме.

Приемник А, опираясь на свои априорные сведения, которые образуют свойственную только ему сеть вероятностей $(\Sigma p_i)_A$, черпает из сообщения определенную информацию, связанную с этой сетью вероятностей (Σp_i) . Информация, почерпнутая им из сообщения, содержит некоторый остаточный уровень оригинальности. Именно эта информация, остающаяся за вычетом априорно известной,

¹ Отсюда — термин «деструктивный». — Прим. ред.

и является тем, что приемник *A* может «узнать» из сообщения.

В зависимости от того, насколько детально мы знаем воспринимающее лицо *A*, т. е. в зависимости от того, в какой степени наблюдатель отождествляет себя с этим лицом, подробно ознакомившись с его интеллектуальной, культурной, социальной и т. п. структурой, меняется и получаемая информация, которая уменьшается по сравнению с ее максимально возможной величиной *H*, причем количество реально получаемой информации может стремиться к нулю или стать крайне малой величиной (см. гл. V, § 1).

Это поясняется следующей схемой, которая, все более и более подробно описывая отличительные черты рассматриваемого приемника, указывает на те характеристики, благодаря которым количество информации от теоретического значения, которое оно имело бы в случае «воспринимающей машины», уменьшается до некоего существенно более низкого реального значения (см. схему на стр. 116).

Задача этой схемы — указывать на каждом этапе *новые формы*, все более и более сложные структуры, которые вводятся сначала благодаря возникновению *символа* из группы элементов, затем благодаря структурам из символов, которые представляются нам здесь как *сверхсимволы*; так, грамматическое правило есть сверхсимвол по отношению к словам, а слово — сверхсимвол по отношению к буквам и т. д. ¹⁾

Символы и правила организации фактически играют одну и ту же роль: как те, так и другие участвуют в определении набора. *Символ* — это *вид устойчивого группирования элементов*, известный априори, а *правило* определяет набор *видов* такого *группирования*, подчиняющихся этому правилу. Те и другие являются характеристикой «понятного» (*intelligible*), которое выступает как противоположность «несущего информацию» (*informatif*), согласно следующим диалектическим парам:

Предсказуемое ↔ Непредсказуемое

Понятное ↔ Несущее информацию

Банальное ↔ Оригинальное

Таким образом, понятие символа оказывается теснейшим образом связанным с понятием формы, и именно благодаря этой связи получает явное выражение «понятность» или «значимость», а изучение значимости в большой

¹⁾ Более подробно теория знаков (символов) развивается в современной *семиотике*; см. Р е в з и н И. И., «От структурной лингвистики к семиотике», *Вопросы философии*, № 9 (1964). — *Прим. ред.*

Характеристика приемника

Психофизиологические механизмы

Индивидуум, знающий алфавит

Индивидуум, знающий также язык и орфографию

Физическая природа набора

Световые пятна, размеры L, x, C

Наборная типографская касса или набор идеографических знаков

Словарь письменного языка

Объем набора

Элементы ощущений, воспринимаемые за время, соответствующее «плотности восприятия»

Буквенные элементы. Вероятности буквенных символов

Группы по вероятностям буквенных полиграмм (слов)

Интегральное восприятие ————— ↑
Минимальное время восприятия, размеры «плотности восприятия»

Индивидуум,
знающий также
грамматику

Индивидуум,
знающий также
логику языка

Индивидуум,
знающий также
данный текст

Набор
возможных
фраз

Набор фраз,
имеющих
«логический
СМЫСЛ»

Набор
вариантов
фраз

Фразы, по-
строенные
по граммати-
ческим
правилам

Сообщения в
собственном
смысле слова

Возможные
варианты
известного
текста

↑ — Развертывающее восприятие
Минимальное время восприятия, пропорциональное
материальной длине сообщения

степени сводится к изучению *символики*, концепция которой была независимо от теории информации развита С. Лангер [VII-1].

Совершенно очевидно, что речь здесь идет о такой сфере исследования, размеры которой необъятны, а теория информации еще слишком молода, чтобы дать существенные результаты в области, которая на протяжении веков была в полной власти формальной логики. Последняя же немного дала для исследования того, что К. Огден удачно назвал «смыслом смысла» (the meaning of meaning).

§ 4. ФОРМЫ И ПРЕДСКАЗАНИЕ

Интересно, однако, выяснить, как хотя бы в самых элементарных случаях на основе предыдущего определяется понятие «формы», которое до настоящего времени остается одним из самых трудных вопросов психологии. Для этого мы должны воспользоваться совсем элементарными примерами восприятия формы, относящимися к искусственным каналам. Создать элементарную форму — это значит обеспечить сообщению избыточность, или предсказуемость, по крайней мере статистического характера. Выражая это другими словами, «предвидеть» (фр. *prévoir*) означает «видеть наперед» (ср. нем. *vorsehen*, англ. *to foresee*), так что «предвидимость»¹⁾, «предсказуемость» представляет собой способность приемника предугадывать в ходе временного или пространственного развертывания сообщения, исходя из уже переданных элементов, какой элемент сообщения последует. Это способность экстраполировать временную или пространственную последовательности элементов сообщения (Винер), представлять будущее какого-либо явления исходя из его прошлого.

Поскольку это предвидение носит только статистический характер, оно не может быть абсолютным, но оно имеет количественное выражение. Существует *степень предсказуемости*, которая представляет собой не что иное как *степень связанности* (*cohérence*) данного явления с другими явлениями, его коэффициент регулярности.

Короче говоря, если мы прерываем передачу сообщения, воспринимаемого индивидуумом, то наличие какой-либо формы или структуры выражает способность индивидуума угадывать (по крайней мере приблизительно) то, что по-

¹⁾ В переводе французское слово «*prévisibilité*», означающее буквально «предвидимость», в большинстве случаев передается весьма близким по значению словом «предсказуемость». — *Прим. ред.*

следует дальше, т. е. *экстраполировать* продолжение сообщения. Таким образом, наличие степени предсказуемости означает наличие статистической связи между прошлым и будущим, что выражает взаимообусловленность, *корреляцию* между тем, что произошло до момента t , и тем, что произойдет за время от t до $t + \tau$.

Математики (в частности, Винер — один из создателей теории информации) точно выражают эту корреляцию с помощью *автокорреляционной функции*, функции приращения времени τ , на которое распространяется «предсказание» в указанном выше смысле. Автокорреляционная функция представляет собой не что иное, как среднее значение произведения функции $f(t)$ (элемент сообщения в момент времени t) на ее значение $f(t + \tau)$ в момент $(t + \tau)$, т. е. на элемент сообщения, относящийся к будущему моменту времени $(t + \tau)$:

$$F(\tau) = \int_0^{\infty} f(t) f(t + \tau) dt$$

или

$$F(\xi) = \int_0^{\infty} f(z) f(z + \xi) dz,$$

в зависимости от того, рассматривается ли сообщение как развивающееся во времени (t) или пространстве (z), где τ и ξ — отрезки времени или расстояния между точками, между которыми устанавливается корреляция.

Практически необходимо отметить, что само выражение корреляции между тем, что имеет место в момент t и в последующий момент $(t + \tau)$, требует где-то одновременного наличия $f(t)$ и $f(t + \tau)$, т. е. какого-то регистрирующего устройства, соотносящего с моментом $t + \tau$ значение функции, выражающей элементы сообщения в момент t . Эта операция представляет собой функциональное определение того, что мы именуем *памятью*. С точки зрения научной методологии интересно отметить, что концепция памяти, получившая развитие в науках, изучающих человека (в частности, в психологии), смогла проникнуть в физико-химические науки только по мере технического развития систем записи информации. Понятие средней автокорреляции имеет очень большое значение во всех случайных явлениях, ибо оно выражает внутреннюю взаимосвязанность, а следовательно, способность образовывать структуры; функция автокорреляции равна нулю при полностью беспорядочном явлении и стремится к единице, если это явление полностью организовано, т. е. бесконечно предсказуемо.

§ 5. ПЕРИОДИЧНОСТЬ И ПРЕДСКАЗУЕМОСТЬ

В качестве примера способности организованного явления вызывать появление *форм* мы приведем понятие *периодичности*, которое во временных сообщениях, таких, как музыка и речь, играет очень важную роль: высота звука, ритм и все другие временные структуры проистекают из понятия периодичности.

Математики говорят, что явление периодически, если оно повторяется тождественно самому себе через определенный интервал времени (или пространства), именуемый периодом. Такое определение оказалось чрезвычайно плодотворным. Действительно, достаточно изучить явление в пределах периода, чтобы предвидеть его протекание как угодно далеко и полностью знать его. Подобное определение явления приводит к временной (или пространственной) экстраполяции.

Для естественных наук такое определение не является вполне удовлетворительным, так как в основе его лежит очень много догматических положений, которые дали пищу многочисленным парадоксам: существование «составляющих» в разложении в ряд Фурье; наличие при представлении непериодических явлений интегралом Фурье гармонических «составляющих», существующих раньше самого явления, — порождений ума, которые внезапно «воплощаются», чтобы стать материальными явлениями, воспринимаемыми посредством опыта; отрицательные частоты и т. д.

Установление периодичности явления при знании одного только периода заставляет информацию, доставляемую сообщением, стремиться к нулю (см. первый пример текстов с возрастающей информацией в гл. I: повторяющиеся буквы БАБА и т. д.).

Исторически именно это определение периодичности было вначале принято в естественных науках, главным образом благодаря его простоте. Оно ориентировало многочисленные исследования, например изучение музыкальных звуков, в направлении, намеченном совокупностью математических работ о совершенной периодичности. При этом неявным образом принималось, что музыкальные звуки не имеют ни конца, ни начала, что нет ни восхода, ни захода солнца, что волны моря никогда не изменяются, что события остаются неизменно стабильными. И если эти неявные утверждения требовали исправлений, когда простая теория не совпадала целиком и полностью с опытными данными (случай переходов атаки: введение переходных преобразований, приводящих ноту, сыгранную пиццикато, в сумму периодических явлений, выражаемых с помо-

щью интеграла Фурье; процессы модуляции и т. д.), то эти поправки всегда занимали подчиненное положение по сравнению с основным утверждением: «Уподобим явление периодической функции времени...»

Однако опыт психологического познания окружающего мира учит нас, что все происходит как раз наоборот: то, что прежде всего характеризует музыкальный звук и отличает его от свиста, издаваемого генератором на той же высоте, — это наличие у него начала и конца. А понятную для людей субстанцию речи создают модуляции почти-периодических явлений, которые образуют указанную субстанцию, почти «наполняя» эту форму. С другой стороны, *временная форма* этих колебаний способствует передаче сообщений с помощью согласных фонем: ощущение микропериодичности непосредственно не возникает благодаря естественным пределам слуховой чувствительности, подобно тому как факт волновой природы света не осознается нами в повседневной жизни.

Надо учесть, что прежде всего масштаб создает явление. Если рассматривать музыкальный звук, то очень хорошо видно, что колебательный аспект этого явления слишком короток (например, $\frac{1}{256}$ сек) для того, чтобы удержаться в поле нашего восприятия, и только запись, осциллографирование или математическая теория могут открыть нам эту глубоко заложенную периодичность. В действительности «субстанция» музыкального звука — это звуковая материя (Klangstoff), из которой мы непосредственно схватываем только начало, длительность, изменения и конец.

Короче говоря, эти предварительные замечания показывают, что периодичность обнаруживается только в явлениях, имеющих наш масштаб времени, она исчезает при интервалах, которые меньше минимального времени восприятия, когда частота превышает 16—20 колебаний в секунду (кино, «музыкальные» звуки), т. е. как раз там, где точные науки по техническим и историческим причинам ее впервые обнаружили. Мы знаем, что для нас в кино главное — *непрерывность*, а не периодичность, которая нужна только инженеру или технику.

Феноменологический подход здесь априори противопоставляется научному подходу. Именно это и подсказало нам важное понятие *минимального времени восприятия*, или порога восприятия длительности.

Нам удалось довольно точно измерить это минимальное время восприятия при помощи следующего искусственного способа размельчения временных форм: берется мелодическая линия, содержащая достаточно простые интервалы (квинта, кварта, терция, октава), и несколько нот

достаточно короткой продолжительности (шестьдесят четвертые и тридцать вторые), и этот фрагмент длительностью в несколько секунд записывается на магнитофонную ленту. Эту запись затем повторно воспроизводят слушателям, последовательно повышая скорость протяжки магнитофонной ленты. Наконец, наступает момент, когда происходит деградация этой формы, при которой наименьшие длительности — шестьдесят четвертые — растворяются, исчезают с точки зрения длительности и смешиваются с предшествующими и последующими; затем исчезают тридцать вторые и т. д. Величина скорости протяжки, при которой разрушается эта форма, дает нам порог восприятия звуковой длительности ($1/15 - 1/20$ сек).

Именно явления, воспринимаемые нами в нашем масштабе времени, внушают нам понятие периодичности, повторение же, когда оно происходит регулярно (изохронно), нас приводит к понятию ритма. Повторение представляет собой противопоставление множественности единственности, оно навязывает разуму возможность многократных повторений явления, не внушая нам при этом понятия периодичности — полностью беспорядочное повторение не вызывает ожидания:

Единственность (явление непредсказуемо)	→	Повторение (явление возможно, но непредсказуемо)	→	Изохронизм (явление предсказуемо случайно)	→	Периодичность (явление предсказуемо)
---	---	--	---	--	---	--------------------------------------

Появление изохронности, какой бы приближенной она ни была, вызывает, как только она становится воспринимаемой, *ожидание* — главное условие предсказуемости (различные опыты заставляют нас предположить наличие некоторой приблизительной границы, разделяющей простой и двойной интервалы по длительности). Понятие ритма связано с понятием ожидания: после какого-то события ожидают следующего, и это является критерием ритма.

Но в такой психологической реконструкции понятия периодичности важно подчеркнуть, что это ожидание не является уверенностью, ожидание — это *надежда*, точнее — своеобразное *пари*, основанное на предшествующем: в каждый момент индивидуум, находящийся под воздействием ритма, «бьетса об заклад», что в конце примерно того же временного интервала явление повторится, и все это происходит с математическим ожиданием, являющимся возрастающей функцией от количества уже воспроизведенных элементов. Однако тот факт, что ожидание это не является уверенностью, подсказывает, что в один прекрасный момент ожидание будет обмануто, ибо нет никаких

оснований считать, что явление, каково бы оно ни было, будет длиться бесконечно долго, но есть все основания утверждать, что оно прекратится, поскольку для естественных наук существуют лишь конечные объекты. Явление может постепенно затухать, но ритм его при этом сохраняется.

Дополнительное условие — совершенно абстрактное, поскольку оно противоречит опыту, — заключается в том, что необходимым условием периодичности является неограниченность протекания явлений во времени. Феноменология физического опыта принимает это условие только как предел, как асимптоту, как идеальное условие, подобно тому как мы принимаем утверждение, что последовательные явления воспроизводятся *тождественно самим себе* и в *равные* отрезки времени. Ни одно из этих утверждений не является существенным для восприятия ритма.

Таким образом, если феноменологический опыт последовательно строит понятие математической периодичности как некий идеальный предел, к которому наше восприятие лишь очень редко приближается, то исторически дело обстояло иначе: рационалистический формализм представил это аксиоматическое понятие в его идеальной форме и в дальнейшем стремился лишь к тому, чтобы в случае, когда опытные данные вступали в противоречие с теорией, придать этому понятию определенную гибкость (введение псевдопериодических, квазипериодических и переходных функций).

Если развитие науки в прошлом шло именно по этому пути, то это происходило ценой *отсутствия согласования* между *теорией* и *реальным восприятием*, и лишь в самое последнее время изложенная в настоящем исследовании феноменологическая точка зрения утвердилась в достаточной мере эффективно. Эта точка зрения приводит к тому, что в принципе следует рассматривать периодичность не как основополагающее понятие, а как количественный фактор, как предсказуемость, как оценку вероятности (математического ожидания), связанной с ожиданием появления некоторого ряда событий. При таком подходе, следовательно, мы имеем дело с экстраполяцией временной последовательности на будущее.

Таким образом, для того чтобы выразить предсказуемость явления, все время вновь проходящего через одни и те же значения, т. е. для того, чтобы выразить его временную структуру, мы вынуждены ввести понятие *степени периодичности*. Периодичность, элементарная временная форма, представляет собой математическое ожидание, позволяющее успешно предсказывать то, что будет, исходя из

того, что уже было, это автокорреляция между прошлым и будущим. Точнее, мы должны заменить классическое определение периодичности следующим: «периодичность» ограниченной функции времени (или какой-либо переменной) есть математическое ожидание, позволяющее узнать последующее развитие этой функции, исходя из ее предыдущего развития.

«Количеством периодичности» в таком случае будет *степень порядка* во временной организации, — степень порядка, которая учитывает изохронность и количественное подобие последовательных явлений, характеризующих ритм.

При этом уже само существование временной формы оказывается измеримым, поскольку оно получает количественное определение. Функция автокорреляции и степень периодичности связаны каждая с математическим ожиданием, с напряженностью и уверенностью ожидания, которые выражают восприятие ритма.

Из предыдущего вытекает, что теоретический анализ, чтобы соответствовать реально воспринимаемому явлению, т. е. чтобы быть способным непосредственно выражать все оттенки реального процесса восприятия, должен следовать той же общей схеме и подходить к понятию периодичности как к идеальному пределу в организации форм; иначе говоря, он должен опираться на реальные случаи, т. е. на такие случаи, где периодичность может быть только частичной, неполной или приближенной, и лишь затем переходить к рассмотрению идеального случая.

§ 6. ФЕНОМЕНОЛОГИЯ ВОСПРИЯТИЯ ПЕРИОДИЧНОСТИ

При том «пари», которое заключается в ходе восприятия сообщения и которое состоит в ожидании, что элементы в будущем будут группироваться так же, как уже ранее переданные элементы, речь фактически идет об утверждении, которое становится тем более уверенным, чем больше число уже состоявшихся событий: можно сказать, что приемник, исходя из образца, построенного на основе уже состоявшихся событий, экстраполирует в будущее некий закон, достоверность которого все более возрастает. Теория вероятностей в строгом изложении говорит о наличии *закона* только тогда, когда установлено достаточное число *точек*, однако человек как воспринимающий индивидуум с этой точки зрения оказывается менее осмотрительным, так как он предсказывает на основе данных, которые статистик посчитал бы мало удовлетворительными.

Прделаем следующий опыт: дадим прослушать испытуемому серию звуковых явлений (удары, музыкальные звуки и т. п.), разделенных минимальными отрезками времени порядка секунды, которые позволят задавать простые вопросы, не сбивая темпа и хода опыта. Некоторые из этих серий совершенно не упорядочены во времени. Это просто обыкновенные повторяющиеся события, абсолютно не периодичны. Они вклиниваются (для того, чтобы априори создать неуверенность) между сериями, имеющими определенно ритмический характер, но в которых число явлений весьма изменчиво. В этом случае мы можем найти то минимальное число ритмических событий, которое необходимо для того, чтобы в уме каждого испытуемого возникло (хотя бы в самом общем виде) предположение о периодичности серии; точнее, мы можем установить, каково число явлений в серии, при котором более 50% испытуемых высказываются в пользу допущения о периодичности всей серии.

Установив это число, мы убеждаемся, что оно весьма мало и, во всяком случае, меньше 5: оно равно 4 или 3 событиями. Таким образом, достаточно, чтобы одно явление повторялось 3—4 раза изохронно, для того чтобы разум воспринимающего индивидуума был *приведен в состояние ожидания* следующего явления, т. е., иными словами, настроился на понятие периодичности. Если принять во внимание, что некоторые теории, описывающие механизм интуитивных умозаключений, предполагают, что эти умозаключения строятся на основании очень краткой последовательности событий, то интересно отметить тот факт, что человеческий разум смутно предугадывает предсказуемость явлений значительно раньше, чем это считается возможным в строгих статистических теориях отбора. Интуиция является статистическим заключением об очень малочисленных последовательностях событий.

Этот простой опыт требует, однако, ряда комментариев. При нем возможны многочисленные ошибки, вызываемые, в частности, подверженностью испытуемых определенному внушению, и отсюда вытекает возможность неправильных ответов, могущих поставить под сомнение весь опыт. Поэтому необходимо подтвердить результаты этого опыта различными другими способами, например путем исследования совпадений минимальных количеств повторений музыкальной темы в партитуре, с помощью которой стремятся внушить испытуемому сам факт повторения, или путем проверки количества тактов, необходимых для установления ритма в начале музыкальной партитуры, и т. д.

Другие дополнительные замечания должны были бы касаться природы используемого явления (в данном случае

оно — звуковой природы). Мы не будем их обсуждать, а отметим лишь, что простой четкий удар, лишенный украшений, оказывает большее воздействие, чем сложное или развивающееся явление. Разумеется, мы не говорим о музыкальных структурах, которые потребовали бы специального исследования ввиду наличия взаимного наложения различных ритмов.

Однородность амплитуд последовательных событий оказывается самым независимым фактором, ибо весьма заметные модификации амплитуды (от 10 до 20 *дб*) ни в коей мере не мешают восприятию ритма индивидуумом, во всяком случае до тех пор, пока число событий не снижается до 3—4. Фактически, весьма вероятно, что какое-нибудь интенсивное явление должно восприниматься просто как способ указания временных интервалов без привлечения большего внимания к самому явлению, но при этом оно должно быть резким, хорошо различимым и сохранять свою специфичность (например, пик в бесконечном спектре).

Таким образом, временная переменная является основным элементом ритма, что подтверждается всеми психологами, которые занимались этой проблемой.

Наиболее важный фактор в восприятии периодичности, выходящий за рамки описанного выше опыта, — «период» между двумя явлениями. Нам известно, что в случае, когда «период» ниже $\frac{1}{10}$ *сек*, повторяемость растворяется в непрерывности и понятие периодичности разрушается. Но известно также, что слишком длинные периодичности не воспринимаются как таковые человеческим сознанием. Вспомним, как трудно детям усвоить понятие годовой периодичности. Опыты, проведенные со слуховыми и зрительными явлениями, показали, что выше «периода» 5—10 *сек* восприятие периодичности быстро исчезает. Мозг не фиксирует своего внимания на возврате явлений, он больше не ждет их. И уместно подчеркнуть, что эти результаты подкрепляют соображения относительно оценки длительности, изложенные нами в гл. I.

Лучше всего человек воспринимает периодичность в пределах 1 *сек* — результат, который можно сопоставить с работами по физиологическим ритмам [IV-29]. И, наконец, очень важную роль в восприятии периодичности играет изохронность периода, разделяющего последовательные явления: всякое прекращение изохронности непременно сказывается отрицательно на этом восприятии, а изменения периода от простого к двойному в конечном счете разрушают его. Изохронность не должна быть безграничной, но точность ее должна быть такой, чтобы колебания периода

всегда были ниже дифференциального порога восприятия длительностей порядка 10 %.

Исследование наиболее простой из временных форм — периодичности, которое мы провели под статистическим углом зрения, касалось временных последовательностей, так как мы имели в виду его применения к музыкальному сообщению, в котором периодичность находит выражение в ритме, повторении — этих существенных элементах всякого музыкального сообщения. Однако с точки зрения классической математики музыкальные явления *не являются* строго периодическими, а обладают лишь высокой степенью периодичности. Что же касается скрытой периодичности звуковой материи, то она не играет какой-либо феноменологической роли, ибо звуковая материя воспринимается индивидуумом только в качестве субстанции (Klangstoff), о которой мы в свое время уже говорили. В данном конкретном случае периодичность может интересоваться только физика, который один лишь может обнаружить ее посредством искусственных методов. В гл. IV мы увидим, как в восприятии учитывается эта характеристика звуковой материи, которая представляет собой физическое свойство периодичности, передаваемое через «гармоничность» и высоту тона; при этом не учитывается ритмика, ускользающая от сознания.

С точки зрения искусственных каналов передачи информации, сама непрерывность звукового явления выражает полную периодичность, ограниченную некоторым временным интервалом. Если звук передается стабильно и постоянно в течение секунды, он всегда может рассматриваться как повторение элементарных звуков, налагаемых друг на друга в серии временных интервалов. Это очевидное замечание, с которым мы еще встретимся в гл. IV, повлечет за собой следующее утверждение: для того чтобы передать непрерывный звук по произвольному каналу (за исключением каналов, где приемником является человек), можно сначала передать по этому каналу переходный процесс, затем начало, которое считается «образцом» того, что следует дальше, и «приказ» продолжать его до нового сигнала — сигнала затухания. В приемнике, где находится такое же устройство, произойдет восстановление первоначально переданного звука в соответствии с этими указаниями¹⁾.

¹⁾ Описываемый способ передачи звуков имеет очень большое значение для современной техники связи, где автоматический анализ речи, устраняющий из нее избыточные элементы, и последующее восстановление первоначального речевого сообщения широко используются для решения целого ряда задач, имеющих важные хозяйственные приложения. — *Прим. ред.*

Этот процесс, который априори представляется нам несколько искусственным, в общем весьма просто осуществить с помощью магнитофонных записей, которые легко прервать в любой момент [IV-28]. Мы успешно применили этот метод к исследованию речи, которая представляет собой частный случай звукового сообщения. Вырезание кусков магнитофонной ленты позволяет очень удобно совершать операции над звуковой речью. Опыт показал нам (а это и было нашей основной первоначальной целью), что переходные элементы атаки фоном речи — согласные должны были полностью сохраняться, однако в общем и целом они занимают лишь $\frac{1}{20}$ общей длительности речи. Что же касается гласных, то отбора 10—15% общей длины сообщения оказалось достаточно, чтобы полностью сохранить возможность их восприятия на слух. При этих условиях систематические опыты позволили нам сократить длину устного сообщения на 80%, иными словами, убыстрить его в отношении 1 : 5, сохраняя при этом ограниченную понятность речи, а это весьма интересно для теории языка, ибо дает *метод прямого восприятия избыточности в устной речи*. Элементами — носителями смысла являются, таким образом, главным образом согласные, а гласные служат им лишь поддержкой. Здесь мы встречаем возможность использования предсказуемости в практических целях — для ускорения речи. В этих условиях оказывается возможным воспринимать речь при приеме прямо и непосредственно, но возможно также (система Вокодера), что определенное устройство будет, исходя из наличных образцов гласных, восстанавливать каждую гласную до ее истинной длины, и соответственно восстанавливать первоначальное сообщение в его целостности [IV-28, 30, 31].

Теперь операция, осуществляемая в ходе передачи данного сообщения, состоит в том, чтобы «заключать пари» при приеме каждого образца гласной о том, должна ли она длиться определенное время, известное, например, из статистики языка или из «приказов», введенных в передачу: это в точности то определение случайной периодичности, которое нами было дано ранее.

Очень важное применение этой предсказуемости в экспериментальной эстетике звуковых сообщений состоит в возможности устранения части звукового сигнала без нанесения ему существенного ущерба при статистических ограничениях весьма общего характера. Иными словами, можно видоизменять длину сигнала, не меняя его высоты, тембра или спектра, растягивать или укорачивать длительность (*Zeitraffung und Zeitdehnung*), вычитая или прибавляя «тайком» отрезки сигналов, выделяемые из него и

вновь вводимые с помощью технических средств (магнитофона с большим числом головок). Именно таким образом и был изготовлен специальный прибор «регулятор времени» (Zeitregler), с помощью которого можно растянуть или сжать время воспроизведения музыкального или речевого сообщения примерно на 30%. Это имеет очень важное значение при сочинении и исполнении музыки, ибо дает возможность выверять время музыкального аккомпанемента фильма или точного (по минутам) транслирования по радио и т. д.¹⁾

В каталоге пластинок [К-19] можно найти конкретные примеры реализации этих возможностей.

Такой же анализ может быть проведен для пространственных измерений, когда элементы распределены в пространстве в определенном, неважно каком, порядке. Пространственное распределение элементов при всех условиях связано с временным через процесс развертки. Однако мы можем изучать этот порядок независимо от временной периодичности. Временная периодичность остается предсказуемой того, что следует, исходя из того, что предшествует. Это понятие гадательного, а не абсолютного характера. Таким образом, опыт, аналогичный тому, который уже упоминался нами ранее, заключался бы в том, чтобы через маску, не дающую смотреть вправо и влево, показать испытуемым некоторое число (8, 5, 4, 3) параллельных равноотстоящих полос, задавая им следующий вопрос: «Могли бы Вы заключить пари, и если могли бы, то на какую сумму, что эти полосы являются частью одномерной периодической решетки?». Можно предсказать результаты такого опыта при оценке рисунков, где элементами изображения будут поселки, деревья, люди или дома. Другими словами, можно поставить вопрос: «Сколько надо нарисовать деревьев, чтобы получился лес, сколько надо нарисовать домов, чтобы получилось селение, и т. д.?» Числа, которые называют, всегда поразительно малы (от 4 до 8) и всегда значительно меньше того, что подсказывает нам логика о возможности заключения пари при показе такого ограниченного числа образцов²⁾.

¹⁾ Сходный с описываемым автором «регулятором времени» прибор, называемый «сепаратором», широко используется советскими учеными для описания звуков речи; см., например, статьи: З и н д е р Л. Р., «Об одном опыте содружества фонетиков с инженерами связи», *Вопросы языкознания*, № 5, 115 (1957); Д е р к а ч М. Ф., «Статистика восприятия глухих взрывных и щелевых согласных в зависимости от их длительности», сб. «Вопросы статистики речи», Л., 1958, стр. 36—39; см. также [*III-74] и [*VI-21], стр. 61. — *Прим. ред.*

²⁾ Приведенные автором результаты экспериментов связаны с установленным в экспериментальной психологии фактом крайней

В пространственных видах искусств непрерывность тоже может рассматриваться как частный вид случайной периодичности, где смежные элементы сохраняют те же значения функции интенсивности: она соответствует жесту художника, кладущего на холст краску не мазок за мазком, а широким движением кисти.

Отсюда можно вывести важное заключение: если ныне существующие системы каналов передачи зрительных сообщений — в частности телевидение — осуществляют, хотя бы в примитивной форме, систематическую развертку всех «точек» некоего изображения, то после всего сказанного, вероятно, следует допустить, что эти системы действуют с использованием указанной предсказуемости. Таким образом, мы уже знаем, что существуют способы и устройства, которые при передаче последовательных линий изображения прибегают к *предсказанию* следующих друг за другом строк. Иными словами, каждый раз заключается пари, что $(n+1)$ -я строка будет в общем тождественна n -й строке с учетом некоторой поправки, передавать которую намного «экономичнее», чем целую строку [1-7].

§ 7. ВЫВОДЫ

Из всего изложенного выше мы можем сделать следующие выводы, касающиеся микроанализа структуры сообщения:

1. В психологии рассматриваются в основном две группы теорий восприятия: а) интегральные теории, вытекающие из понятия формы, и б) теории развертки, которые получают сильную поддержку со стороны экспериментальной психофизиологии.

2. Теория информации, рассматривающая человека как частный случай приемника, предлагает следующий синтез этих двух типов теорий: она допускает, что за минимальное время восприятия воспринимающий индивидуум может воспринять в интегральном виде, таком, как форма, только максимальное для данного канала количество элементов информации. Если сообщение содержит большее количество элементов, то индивидуум либо не учитывает их, либо прибегает к развертке поля восприятия.

ограниченности оперативной памяти человека, вмещающей около 7 ± 2 дискретных единиц; см. Miller G. A., «The Magical Number Seven, Plus or Minus Two: Some Limits on our Capacity for Processing Information», *Psychol. Rev.*, 63, № 2, 81—97 (1956).— *Прим. ред.*

Оба этих явления присутствуют при чтении, где глаз фиксирует лишь несколько точек в каждой строке.

3. Одной из основных характеристик воспринимающего индивидуума следует считать существование максимального *предела* скорости восприятия информации. Когда этот максимум оказывается превзойденным, индивидуум начинает отбирать в предложенном ему сообщении *формы*, которые являются абстракциями, элементарными уровнями понимания. Эта работа осуществляется индивидуумом при помощи критериев, выработанных на основе предшествующего опыта. Если индивидууму недостает этих критериев, то его ум тонет в обилии оригинальности данного сообщения и теряет к нему интерес.

4. Наиболее трудное для передачи сообщение — то сообщение, которое не содержит никакой избыточности, так что его информация максимальна, т. е. оно не имеет *априорной формы*. Такому сообщению легче всего дать приближенное изображение и труднее всего — точное. Это самое *хрупкое* из всех сообщений.

Интересно отметить, что такое сообщение больше всего лишено эстетического значения, а одновременно и априорного (т. е. известного воспринимающему индивидууму заранее) смысла.

5. Структуры эквивалентны мыслительным (*mental*) формам: чем больше в сообщении структурности, тем оно понятнее, тем более оно избыточно и тем ниже его оригинальность.

6. Понятие форм, воспринимаемых априори, соответствует понятию *символов*. Символы представляют собой сочетания заранее известных элементов. Исследование духовных структур связано, следовательно, с экспериментальной символикой.

7. Всякая *форма* есть выражение гадательной (*aléatoire*) предсказуемости, измеряемой степенью взаимной связи, или, точнее, *автокорреляцией* элементов последовательности между собой. Чтобы быть воспринятой, форма в функциональном плане требует наличия в воспринимающем организме *памяти*.

8. Одна из самых элементарных временных форм — *периодичность*, которая должна рассматриваться не как абстрактное и абсолютное свойство, а как свойство метрическое и условное. К ней следует подходить с позиций феноменологии восприятия.

9. В звуковой области периодичность воспринимается только в масштабе выше минимального времени восприятия и ниже порога насыщения восприятия длительности. Физическая периодичность звука не имеет отношения к

восприятию, которое оценивает звук как непрерывную материю («Klangstoff») и чувствительно только по отношению к вариациям звука.

10. Восприятие периодичности представляет собой в действительности бессознательное и мгновенное «пари» воспринимающего организма, где предметом спора является вопрос о том, узнает ли воспринимающий организм то, что будет в дальнейшем, исходя из того, что имело место в прошлом. Это пари основывается на «математическом ожидании», представляющем собой точное выражение степени периодичности, или взаимосвязанности, явления.

11. На деле это пари относительно будущего на основании прошлого разыгрывается человеческим разумом на базе данных, значительно более скудных, чем те, которые с точки зрения математической логики должны считаться необходимыми для принятия решения. В действительности же, по-видимому, восприятие степени периодичности (как бы мала она ни была) возникает сразу, как только появляется *ожидание* последующего явления по аналогии с тем, что уже было ранее.

12. Непрерывность, отображающая какую-либо форму, — лишь один из аспектов периодичности. Она тоже является предвидением будущего на основании прошлого. Приложение это понятие находит как в звуковой, так и в зрительной областях.

Предпринятое выше исследование понятий формы и периодичности представляет собой микроанализ наиболее элементарных структур сообщения, воспринимаемого в идеальных условиях, где внимание приемника предполагается абсолютным, а восприятие — интегральным. Эти условия произвольно упрощены, и предметом изложения следующей главы будет попытка приблизить задачу к реальным условиям путем введения понятия помех («шума») и противопоставления формы фону.

III. Недостоверность восприятия и введение символических структур с помощью памяти

*„Если я назову вам вероятности,
не спрашивайте у меня ничего
больше“.*

ПЛАТОН :)

В настоящей главе мы на основе общей теории, развитой в гл. I, продолжим рассмотрение частного случая, когда приемником информации служит человек, и исследуем ограничения, которые в этом случае структура приемника накладывает на сообщение. Прежде всего мы постараемся уточнить способы разрушения сообщения и соответственно его появления на фоне шума, представляющего собой своеобразный «задний план» Вселенной. Затем мы на основе функциональной схемы приемника попытаемся выяснить, как происходит организация форм сообщения при помощи памяти, которая на основании совокупности предшествующих сообщений определяет символы, а следовательно, и информацию, содержащуюся в будущих сообщениях.

¹⁾ Приводимый автором пересказ цитаты из Платона несколько модернизирует его взгляды, так как греческие мыслители не были знакомы с понятием вероятности в современном смысле.— *Прим. ред.*

§ 1. ФОРМА И ФОН В СООБЩЕНИИ

Один из наиболее плодотворных методов в философии состоит в том, чтобы вместо установления изолированных понятий выявлять сеть диалектических пар понятий, служащих ориентирами для творческой деятельности человеческого духа.

В предыдущих главах были указаны следующие пары диалектически противоположных понятий:

Банальность	Оригинальность
Избыточность	Информация (передаваемая избыточными элементами сообщения)
Форма, доступная пониманию (intelligible)	Информационная нагрузка
Периодичность, порядок	Хаос
Предсказуемость	Непредсказуемость

Ниже мы при помощи такой же эвристической процедуры уточним роль преднамеренности (intentionnalité) при передаче сообщения.

В предыдущей главе *форма* (образ, Gestalt) рассматривалась главным образом как автономное понятие. В частности, мы развили истолкование формы как автокорреляции сигналов, основанной на их внутренней взаимосвязанности. То, что не удовлетворяло этому определению, называлось просто «другим» и специально нами не изучалось.

Возникает вопрос: на каком критерии нам следует основываться при определении формы в «поле» сообщения, например, исследуя пространственные размеры зрительного поля восприятия или тональные характеристики звукового поля восприятия (имеющего такие параметры, как громкость L и высота H)? Разумеется, можно ограничиться тем, чтобы назвать не принадлежащее форме «не формой». Отметим, что функция временной или пространственной автокорреляции вне некоторого ограниченного интервала («интервала корреляции») практически обращается в нуль. Однако возможно, что вне интервала корреляции существуют другие формы, не коррелированные с первой и обладающие заметной автокорреляцией в соответствующих корреляционных интервалах. Поэтому приходится признать, что мы пока еще не установили критерия, по которому одни элементы воспринимаемого следует относить к форме, тогда как другие относятся к противопоставленному форме понятию — фону (*англ.* background).

Одним из основных направлений психологии формы, результаты которого мы ниже попытаемся изложить, является именно исследование противопоставления образа (формы) и фона. Образ определяется полностью только в сопоставлении с фоном, так как организация образа (формы) обнаруживается благодаря неорганизованности фона.

Различие между аморфным фоном и формами (контрастными, симметричными, негативными, дополнительными и т. д.) можно показать при помощи таких опытов, как ставшие классическими в *гештальт-психологии* опыты Шредера с лестницей и карнизом¹⁾.

Таким образом, необходимо исследовать «аморфный» шум, на фоне которого должен обнаружиться полезный сигнал, подобно тому, как театральное действие развивается на фоне декорации, для которой характерно то, что, хотя она существует, она не представляет для нас интереса. Именно отсутствие заинтересованности является отличительной чертой фона, на котором должны отчетливо выступать интересующие нас явления.

Итак, в совокупности элементов сообщения есть такие стороны, которые не представляют интереса для приемника; это *искажения сообщения, или ошибки*, роль которых мы постараемся исследовать в следующем параграфе. При этом мы будем пользоваться понятием канала, которое оказалось нам полезным уже в гл. I.

§ 2. ПОНЯТИЕ ШУМА

До сих пор предполагалось, что сообщение, поступающее из окружающей нас (близкой или далекой) среды, принимается без каких-либо искажений, «в том виде, как оно было передано».

Под общим понятием шума мы будем понимать любой сигнал, возникающий *вопреки желанию* передающего при передаче сообщения по каналу связи. Это понятие мы будем использовать применительно к любым типам искажения любых сообщений — звуковых, зрительных или иных. Так, например, шум может представлять собой: импульсную помеху, треск или нелинейные искажения в радиопередаче; белые или черные пятна на экране телевизора; серый фон, любые черты, не принадлежащие передаваемому сообщению, пятна типографской краски на страницах газеты; разорванные страницы книги; грязное

¹⁾ См., например, Boring E. G., *Sensation and perception in the history of experimental psychology*, New York, 1942, а также Rubin E., *Visuell wahrgenommene Figuren*, Copenhagen, 1921. — *Прим. ред.*

пятно на рисунке и т. д. Все это — шумы при передаче зрительного сообщения. Беспочвенные слухи представляют собой шумы в социальных сообщениях. Ниже мы будем рассматривать главным образом звуковые сообщения, для которых понятие «шум» употребляется в значении этого слова, близком к обычному.

Казалось бы, что различие между «шумом» и «сигналом» легко установить на основе различия между порядком и хаосом. Сигнал на первый взгляд представляется упорядоченным явлением, а треск, нелинейные искажения и т. д. — неупорядоченным явлением, бесформенным пятном, накладывающимся на структуру зрительного образа или звука. Однако при более глубоком рассмотрении оказывается, что такой принцип морфологического различения логически несостоятелен. Покажем это на нескольких примерах.

Совокупность аккордов, извлекаемых из музыкальных инструментов при их настройке перед началом концерта, принадлежит к категории музыкальных звуков, каково бы ни было определение последних. Тем не менее по общему соглашению их принято (например, во французском и немецком радиовещании) рассматривать как шум, который не несет полезной информации и который нет необходимости передавать.

С другой стороны, аплодисменты после концерта, представляющие собой беспорядочную последовательность элементарных импульсов, лишенную всякой периодичности, а следовательно, и гармоничности (в том общем смысле этого слова, в котором оно приложимо к любому музыкальному сообщению), должны быть, по-видимому, отнесены к объективной категории шума при любом морфологическом определении последнего. Тем не менее они считаются существенными с точки зрения оценки качества исполнения концерта. Поэтому аплодисменты транслируются по радио, и для их передачи устанавливаются специальные микрофоны, называемые «микрофонами окружающей среды». Существуют даже пластинки с записью аплодисментов, которые в случае необходимости можно использовать по окончании концерта ранее записанной музыки. Значит ли это, что, будучи лишенными какой-либо определенной формы, эти звуки тем не менее содержат определенный смысл?

При трансляции со сцены театра существуют шумы, предусмотренные действием спектакля. К ним относятся звуки открываемых и закрываемых дверей, телефонные звонки и т. д. Эти шумы необходимо транслировать по радио. По своему характеру они ничем не отличаются от

Других шумов, возникающих в зале, которые вполне логично рассматриваются как помехи. Эти последние можно рассматривать как шум в собственном смысле слова, подобно импульсным помехам, треску и аналогичным шумам, которые могут возникать в канале и при этом морфологически ничем не отличаются от шумов, имеющих определенный смысл.

Таким образом, не существует *никаких* абсолютных структурных различий между сигналом и искажениями. Сигнал и шум имеют одинаковую природу и единственное логически непротиворечивое различие между ними основывается на понятии *намерения* того, кто передает сообщение. *Шум — это сигнал, который передающий не хочет передавать*. Так, шуршание листа бумаги, по которому актер читает свою роль перед микрофоном, диафония, т. е. смещение при приеме двух сигналов, передаваемых по двум различным каналам, оказавшимся не полностью разделенными (при телефонных переговорах или при разговоре в смежных комнатах), согласно этому определению, являются шумами¹⁾.

До сих пор предполагалось, что передатчик характеризуется намерениями, которые поддаются объективному определению. Но в случае, когда сообщение передается к индивидууму от «среды», передатчик не имеет индивидуальности. Единственным индивидуумом тогда является приемник и, следовательно, в более общем случае понятие «шум» можно сформулировать следующим образом: «шумом является сигнал, который приемник не хочет принимать», или для звукового сообщения: «шумом является звук, который приемник не хочет слышать». Другими словами, шум является сигналом, который приемник стремится устранить.

Выше мы показали, что нет абсолютно никакого морфологического различия между сигналом и шумом, так как они могут иметь одинаковую структуру и смешиваться друг с другом. Подавление шума должно осуществляться при помощи механизма избирательного восприятия, который отфильтровывает часть элементов полученного индивидуумом сообщения, соответствующую шуму. Задача фильтрации формулируется следующим образом: найти критерий принятия или отклонения элементов полученного сообщения. Для решения этой задачи снова исполь-

¹⁾ В качестве примера последовательности сигналов, одновременно несущей два сообщения, можно привести и китайские палиндромы — стихотворения, которые могут быть поняты как два различных поэтических текста в зависимости от порядка чтения (прямого или обратного).— *Прим. ред.*

зуется морфологическая классификация элементов, основанная на опыте.

В общем случае различия структуры и формы, определяющие выбор элементов сообщения, могут быть очень тонкими. (Так, например, человек может по желанию следить за содержанием той или другой из двух басен Лафонтена, последовательно записанных, но одновременно воспроизводимых в исполнении одного и того же артиста, при одинаковом уровне громкости, причем в этом случае голос исполнителя будет сам для себя играть роль шума.) Здесь намечается метод исследования форм путем смещения их с шумом, который является одним из наиболее общих методов экспериментальной эстетики и служит иллюстрацией к известному изречению «патологическое объясняет норму».

Для анализа восприятия этим методом необходимо постепенно разрушать воспринимаемое сообщение и исследовать соответственное ослабление восприятия и его причины с тем, чтобы оценить сравнительную ценность отдельных элементов сообщения. Очевидно, что степень ослабления эстетического восприятия не пропорциональна количеству разрушенных элементов соответствующего сообщения. Она определяется сложными законами, которые различны для сообщений различной природы от пятен Роршаха до скульптур, например египетского сфинкса, черты которых разрушены временем. Поль Валери [V-6] приводит пример формы, вылепленной из песка, у которой совершенно невозможно выделить структуры, созданные человеком и морем.

Наряду с примерами такого постепенного разрушения произведений искусства мы в то же время обнаруживаем закон возрастания информации пропорционально логарифму числа элементов. Так, например, плотность штрихов на гравюре изменяется почти строго в соответствии с законом Вебера — Фехнера. Поскольку предметом нашего исследования является изучение структуры сообщения, мы применим описанный выше общий метод для исследования восприятия, а затем попытаемся установить, как сообщение разрушается различными искажениями.

При рассмотрении шума в искусственных каналах связи не возникает особых трудностей. Именно применительно к этим каналам связи понятие шума привлекло внимание сначала инженеров, затем физиков и, наконец, математиков. С философской точки зрения поучительно отметить эвристическое значение *искусственного* шума, очевидно, существовал до появления искусственных каналов передачи информации. Человек, ни разу не говорив-

ший по телефону, тем не менее имел представление о шуме, так как не раз в его разговор с собеседником вмешивался грохот уличного транспорта. Но существенные научные понятия были *сначала* установлены применительно к искусственным каналам связи и лишь потом перенесены на исследование наиболее естественных (хотя и не наиболее простых) каналов, а затем и на совсем простые и обычные случаи, рассмотрение которых помогло лишь созданию научной терминологии. Люди рассматривают естественные и искусственные явления под разными углами зрения; они чувствуют себя навсегда прикованными по отношению к первым, и, по крайней мере подсознательно, рассматривают их как неизменные; по отношению ко вторым человек занимает сознательно наступательную позицию.

Согласно сделанному выше замечанию, исследование шума мы начнем с его морфологического анализа, хотя, по определению, шум представляет собой звук, который приемник не хочет слушать. Прежде всего, естественно, возникает задача исследования «идеального» шума, т. е. совершенного искажения. Используя понятия порядка и хаоса, рассмотренные в предыдущей главе, мы выясним, что «преднамеренность» передающего выражается в упорядочении, в создании структуры, формы (например, периодичности в звуковом сообщении), которые у приемника вызывают *ожидание*. Под «идеальным» шумом мы будем понимать сигнал, частоту и амплитуду которого невозможно предсказать. Временную форму этого сигнала представляет функция $f(t)$, которая может быть описана аналитически, так как характеризуется *спектром*, определяющим распределение частотных составляющих сигнала. Эти составляющие существуют постольку, поскольку существует звук, и их число в общем случае неограниченно велико. Идеальный шум характеризуется наличием всевозможных частотных составляющих, образующих однородный спектр во всем диапазоне частот. Известно, что таким спектром обладает импульс бесконечно большой амплитуды и бесконечно малой продолжительности (дельта-функция Дирака), хорошей моделью которого является звук хлопка при аплодировании; этот пример, почерпнутый из нашего повседневного опыта, естественно, приходит на ум в качестве «типового шума».

В случае зрительного сообщения шум представляет собой пятно, размер которого меньше или равен размеру пространственного элемента зрительного восприятия. Положение на экране и интенсивность этого пятна невозможно предсказать. Элементарный импульс шума, имеющий

бесконечно малую продолжительность, может повлиять на приемник (например, на человеческое ухо) только за «минимальное время восприятия», которое представляет собой временной квант восприятия. Непрерывный шум образуется из случайной последовательности элементарных импульсов шума, средняя плотность которых настолько велика, что они сливаются друг с другом. Амплитуда и фаза такого сигнала являются некоррелированными (функция автокорреляции равна нулю всюду, кроме начала координат).

Наглядное представление о непрерывном шуме дают, например, звук от падения большого числа металлических дробинок на лист железа, звук дождя, падающего на оконное стекло, шипение выбивающейся из отверстия струи пара и т. д. За достаточно большой промежуток времени амплитуда такого сигнала с вероятностью, равной единице, примет любое наперед заданное значение. Его спектр, получившийся в результате наложения непрерывных спектров каждого импульса шума, представляет собой равномерный спектр во всем диапазоне частот. Каждая частотная составляющая имеет одинаковую вероятность появления. Такой шум (по аналогии с белым цветом светового сигнала с равномерным спектром) мы будем называть «белым шумом». Белый шум является прототипом идеально совершенного шума характеризующегося абсолютной неупорядоченностью; другими словами, белый шум есть реализация абсолютного хаоса.

В гл. I рассматривался случай, когда набор сообщения представляет собой область на плоскости L, H (громкость, высота). Если для такого сообщения каждый элемент набора в течение достаточно большого промежутка времени имеет одинаковую вероятность появления, так что последующие элементы не зависят от предыдущих (отсутствует автокорреляция), то мы будем говорить, что имеет место абсолютно *бесформенное* сообщение.

Следует напомнить, что, как отмечалось в предыдущей главе, такое сообщение как раз является сообщением, которое труднее всего передать без искажений, ибо в нем с одинаковой вероятностью может быть использован любой элемент набора и поэтому появление того или иного элемента нельзя предвидеть. В общем случае для наиболее эффективного использования всех элементов набора передатчик и приемник могут *условиться* применить «оптимальное кодирование», которое минимизирует избыточность сообщения и преобразует его в абсолютно бесформенное сообщение. В этом случае приемник должен декодировать сообщение, т. е. записать его в доступной для понимания

форме. Чем сложнее используемый код, тем продолжительнее операция декодирования, и чем более «хрушко» передаваемое сообщение, тем труднее его декодировать, так как абсолютно бесформенное сообщение не имеет избыточности и искажение его в канале передачи не может быть обнаружено и исправлено.

В случае когда сообщение является шумом, оно не характеризуется преднамеренностью со стороны передатчика. Для приемника не имеет значения характер преобразования белого шума в канале передачи. Белый шум невозможно отличить от какого-нибудь другого белого шума. Их временные функции могут быть разными, но спектры должны иметь абсолютно одинаковую форму и могут отличаться только спектральной плотностью. Два белых шума, имеющих одинаковую спектральную плотность, неразличимы. Белый шум, имеющий очень широкий спектр, видоизменяется в канале передачи, так как полоса пропускания большинства искусственных каналов является недостаточной для передачи белого шума; в то же время, как было показано выше, на практике может возникнуть необходимость в передаче сообщения типа белого шума.

Звук от аплодисментов большого количества зрителей в театре точно соответствует определению белого шума. Статистическая природа этого звука такова, что его очень трудно передать без искажений, так как он содержит все частоты слуховой гаммы и так как известно, что «искусственные каналы», как правило, уступают человеческому уху в отношении полосы пропускания. С другой стороны, нет ничего легче, чем приближенно восстановить форму этого звука в приемнике, так как никакого радиослушателя не интересует, как именно аплодировал зритель, сидящий в кресле № 378 в 19 час. 45 мин. 54,6 сек., хотя и не исключено, что радиослушатель может различить отдельный хлопок при аплодировании.

Таким образом, хотя различие сообщения и шума определяется не столько формой, сколько преднамеренностью со стороны передатчика, морфологическое исследование предельного случая идеального шума позволяет получить некоторые важные результаты.

С другой стороны, используя описанный выше общий метод, можно исследовать проблему *распознавания формы* на фоне шума, т. е. появления некоторого отождествимого явления среди этой совокушности, которая в целом со статистической точки зрения является безликой; это позволит нам по-новому подойти к рассмотрению *минимальных воспринимаемых структур*, проведенному в предыдущей

главе, причем периодичность будет рассматриваться не как повторяемость элементов во времени (ритм), а в более широком смысле. Если считать, что звуковая материя белого шума является бесформенной, то нас интересует, какова должна быть минимальная упорядоченность, которая позволит распознать сигнал в белом шуме? Каково должно быть минимальное отличие спектра сигнала от спектра белого шума, чтобы обеспечить индивидуальность сигнала? Сформулированная проблема носит название проблемы «окрашивания белого шума».

Эта проблема уже рассматривалась в более ранних работах автора [IV-5]. Она аналогична проблеме окрашивания белого света путем добавления цветного светового пучка. Его интенсивность увеличивают до тех пор, пока для наблюдателя образовавшийся цвет становится отличным от чисто белого (что и определяет величину дифференциального порога). Рассматриваемая проблема формулировалась следующим образом: на белый шум накладывается шум в некоторой полосе частот, например в октаве. Какова должна быть его относительная громкость для того, чтобы образовавшийся шум приобрел «окраску», позволяющую отличать его от белого шума? В результате исследования сделан вывод о том, что эта дополнительная громкость («дифференциальный порог») очень слабо зависит от громкости основного шума в области, обычно используемой для речи и музыки (от 40 до 90 дб). В случае добавления низкочастотного шума этот дифференциальный порог находится примерно на 6—8 дб ниже громкости основного (белого) шума. В случае добавления высокочастотного шума (свыше 500 гц) порог находится на 12—14 дб ниже громкости основного (белого) шума.

Это исследование представляет интерес не только для физиологии чувственных восприятий, но и для общей психологии, так как его можно рассматривать как исследование маскировки морфологически определенного (хотя и произвольного) звукового сигнала (шум в полосе октавы) посредством «идеального шума», имеющего практически неограниченный спектр (белый шум). Следует отметить, что для маскировки восприятия явления, форма которого определена хотя бы в такой малой степени, как шум в полосе октавы, требуется, чтобы параметры основного шума были *значительно выше* (в 2—4 раза, или на 6—12 дб) параметров данного явления. Таким образом, приемник может воспринимать упорядоченное явление, скрытое в аморфном явлении. Этот результат противоречит распространенному мнению о том, что для маскировки

сигнала достаточно просто наложить на него сигнал большей величины.

Аналогичное исследование было проведено для сообщений, имеющих гораздо более высокую степень организованности — для периодических структур и, что представляет наибольший интерес, для речевых и музыкальных структур. В качестве сообщений, в частности, использовались отрывки речи на тех языках, которыми владеет испытуемый субъект, и на языках, которыми он не владеет, отрывки фортепианной и оркестровой музыки и т. п. При этом определялась громкость белого шума, необходимая для маскировки этих речевых и музыкальных сообщений. Результаты таких экспериментов представляют еще больший интерес, чем результаты описанного выше исследования. Они свидетельствуют о том, что для разрушения распознаваемого сообщения громкость шума должна быть или в 4—8 раз (т. е. на 12—18 дб) больше, чем «фортиссимо» передаваемого сообщения, или в 15—20 раз больше его средней громкости, которая в рассматриваемом случае не имеет существенного значения¹).

§ 3. ПРЕДЕЛЫ ВОСПРИЯТИЯ МАТЕРИАЛЬНЫХ ЯВЛЕНИЙ

Рассмотрим результаты предыдущего параграфа с позиций теории информации, для чего необходимо распространить общие выводы этой теории на случай, когда приемником информации являются на технические устройства, а человек.

С точки зрения передачи по каналу связи, всякое сообщение представляет собой *временную форму*, или некую функцию времени $f(t)$. Используя методы математической физики, можно статистически исследовать сообщения (например, в виде осциллограмм) с точки зрения их энергии и возможных форм. Как показывает весьма общая теорема Фурье, произвольную форму можно представить в виде суммы гармонических *составляющих*, каждая из которых однозначно задана частотой и относительной амплитудой. Их можно представить графически в виде кривой зависимости амплитуды от частоты, называемой *спектральной кривой*. Статистическое разнообразие форм сообщения (сигнала) можно характеризовать

¹ Исследование восприятия акустических сигналов (в том числе речевых) при наличии помех явилось предметом целой серии работ советских ученых; см. посвященный этой проблеме сборник статей: «Восприятие звуковых сигналов в различных акустических условиях», М., 1956.— *Прим. ред.*

интервалом используемых в нем частот Δf и интервалом амплитуд. Всякое изменение формы сигнала приведет к соответствующему изменению его спектра, и наоборот.

Открытие способа усиления электрических сигналов вызвало в 20-х годах нашего столетия еще более бурное развитие методологии науки, чем после изобретения микроскопа. Казалось, что этот способ открывает неограниченные возможности для исследования самых слабощутимых явлений, так как любой сигнал, как бы мал он ни был, может быть усилен и сделан доступным измерению. Действительно, если коэффициент усиления одного усилителя равен 100, то коэффициент усиления двух таких последовательно включенных усилителей будет равен $100^2 = 10\,000$, трех — $100^3 = 1\,000\,000$, т. е. миллиону, и так далее. В результате получалось, что недоступно малых явлений не существует и нет теоретических препятствий к тому, чтобы слышать, как растет трава или как летит самолет, находящийся на расстоянии 1000 км. Однако очень скоро выяснилось, что это не так. Аналогично тому, как дифракция света поставила предел увеличению микроскопа, предел усилению электрических сигналов ставится наличием случайного шумового фона, представляющего собой существенно белый шум, лишенный какой бы то ни было периодичности. Если измеряемый сигнал становится сравнимым с этим фоном, то его усиление не дает никакого результата, так как одновременно и в равной степени будет усиливаться и шум.

Известно, что изобретение электронного микроскопа позволило значительно расширить пределы увеличения оптического микроскопа, определяемые дифракцией света. Поэтому естественно возник вопрос, не удастся ли каким-либо особым искусственным приемом уменьшить уровень фона значительно более сильно, чем этого можно добиться совершенствованием техники усиления. Однако Эйнштейн показал, что источником фона является беспорядочное движение электронов в проводниках и что шум является внутренне присущим материи свойством, пропорциональным абсолютной температуре (как и молекулярный шум, определяющий броуновское движение) и ширине рассматриваемой полосы частот. Поэтому единственный способ уменьшения шума, разрушающего сообщение в канале передачи, в частности в приемном канале, является сужение так называемой «полосы пропускания» Δf канала, т. е. интервала частот, которые по нему можно передать. Другими словами, следует уменьшить емкость (пропускную способность) канала, определяющую набор элементов, которые по нему можно передавать. Это равносильно

ограничению выбора используемых элементов и заданию априорной информации об усиливаемом или принимаемом сигнале.

Известно, например, что в энцефалографии при работе на пределе технических возможностей напряжение усиливается от 2 до 50 *мкв* в полосе частот 5—100 *гц*. Чтобы удвоить чувствительность аппарата, надо вдвое уменьшить ограничивающий усиление фон, для чего необходимо сузить полосу частот до 8—50 *гц*. При этом полоса интересующего нас сообщения априори должна лежать в этих пределах. Это равносильно заданию априорной информации о том, что получаемое сообщение не содержит полезных составляющих вне полосы от 8 до 50 *гц*.

Таким образом, если мы получаем выигрыш информации в одном отношении, то обязательно теряем в другом отношении. Выигрыш в чувствительности сопровождается проигрышем в числе передаваемых элементов. В этом проявляется принцип неопределенности, который по глубоким причинам коренится во внутренних свойствах изучаемых явлений¹⁾.

Принцип неопределенности можно рассматривать как обобщение аксиомы об ограниченности пропускной способности канала, сформулированной в гл. II.

Пусть N обозначает уровень шума на входе приемника информации для заданного кванта длительности, например для минимального времени восприятия (ниже мы увидим важность этого условия). Пусть «чувствительность», измеряемая уровнем минимально воспринимаемого сигнала σ , не может быть меньше некоторой доли $1/K_{\text{мин}}$ от уровня фона N , т. е. $\sigma = N/K_{\text{мин}}$. Таким образом, величина σ , определяющая возможную ошибку в измерении «уровня» сигнала, со своей стороны определяется величиной N . Обозначим через M уровень сигнала, при котором наступает ограничение в приемнике; тогда число возможных уровней принимаемого сигнала будет равно M/σ . Пусть далее Δf — полоса пропускания, определяющая набор форм элементарной периодичности, различаемых приемников. Чем уже полоса пропускания, тем беднее информация приемника о форме сигнала, так как тем большее количество составляющих будет лежать вне полосы пропускания и, следовательно, не будет восприниматься приемником. Таким образом, ошибку в определении

¹⁾ Вопрос о принципе неопределенности в теории информации и в физике специально рассматривается в книге Л. Бриллюэна, «Наука и теория информации», Физматгиз, 1960, гл. 16.—*Прим. ред.*

формы сигнала можно считать пропорциональной величине $1/\Delta f$.

В этом случае отношение

$$\frac{\sigma}{\Delta f} = \frac{N}{K_{\text{мин}} \Delta f} = Q$$

является величиной постоянной.

Полученное соотношение можно записать в следующем виде:

$$\text{Ошибка в амплитуде} \times \text{Ошибка в частоте} = \text{Const},$$

напоминающем формулировку принципа неопределенности в квантовой физике. Речь идет о принципе *ограничения количества информации, воспринимаемой приемником извне*.

Следствием этого принципа является то, что для увеличения чувствительности необходимо увеличить априорную информацию о характере (частоте) получаемого сообщения. Это следствие имеет важные технические приложения. В предельном случае для получения неограниченной чувствительности необходимо абсолютно точное знание частоты сигнала сообщения, на которую и должен быть настроен приемник. В этом случае элементы сообщения не различаются по частоте, и от приемника требуется фиксировать только две ситуации: наличие или отсутствие сообщения. Иначе говоря, мы получили «двоичный код», который уже служил нам примером в гл. I.

Целью нашего рассмотрения является доказательство принципа ограничения емкости канала или приемника информации на основе самых общих предположений, оправдав тем самым аксиоматическое описание канала передачи информации, которое было дано в гл. II.

Итак, шум предстает перед нами как *декорация заднего плана Вселенной*, что обусловлено самой природой вещей, на фоне которых выступает сообщение. Во всяком сообщении обязательно присутствует шум, хотя он может быть и очень слабым. Шум выражает степень неупорядоченности сообщения, противопоставляющейся тому порядку, в котором проявляется преднамеренность сообщения. Наличие шума приводит к необходимости совместного рассмотрения двух диалектически противоположных понятий: «образ — фон», связанных с противоположностью «порядок — хаос», о которых идет речь в формулировке второго закона термодинамики. Известную теорему об энтропии — «в изолированной системе неупорядоченность может только возрастать» — в нашем случае можно переформулировать следующим образом: шум может только разру-

шать упорядоченность сообщения, он не может повышать содержащуюся в сообщении информацию, он *разрушает преднамеренность*.

Таким образом, шум есть неустранимое явление, ограничивающее наши знания о мире во всех областях. Так, теоретический предел возможностей электронного микроскопа наступает, когда размер наблюдаемой структуры становится сравнимым с амплитудой колебания электронов. До сих пор мы в нашем изложении не уточняли, каким образом фон разрушает сообщение. Как показали описанные выше акустические опыты, это разрушение не является простым «потоплением» интересующего нас значимого явления в неинтересном для нас шуме, а представляет собой сложный процесс, в котором (в случае, когда приемником является человек) участвуют интеллектуальные процессы воспринимающего индивидуума. Следовательно, в этом случае процесс разрушения сообщения шумом непосредственно относится к проблемам психологии восприятия. Представляет интерес исследовать этот процесс с позиций рассмотренной выше теории приема сообщений при наличии помех и попытаться найти модель, удобную для его исследования в технических каналах связи.

Рассмотрим более подробно, каким образом происходит выбор элементов приемником. Из приведенного принципа неопределенности вытекает, что для повышения чувствительности приемника необходимо сужать его полосу пропускания, от которой зависит неопределенность знания о частоте сигнала. На практике сужение полосы пропускания в искусственных каналах связи достигается посредством включения на входе приемника специальных устройств, называемых «фильтрами», подавляющих составляющие сигнала вне их полосы пропускания. По мере развития техники фильтры могут становиться все более и более узкополосными. Может показаться, что, взяв достаточно большое количество фильтров, обеспечивающее снижение шума до заданного уровня, можно обойти сформулированный выше принцип неопределенности. Однако это является иллюзией. Ранее мы приняли, что нам требуется мгновенно — в пределах минимальной длительности восприятия — знать состояние сообщения. Нетрудно показать, что для определения состояния сообщения при помощи фильтра, каков бы ни был механизм его действия, требуется так называемое время ответа θ , обратно пропорциональное его полосе пропускания, т. е. пропорциональное величине $1/\Delta f$. Неопределенность для каждого элемента формы (т. е. для каждой частоты) связана с уровнем

фона N соотношением

$$N = Q_1 \Delta f = \frac{Q_1}{\theta}.$$

Следовательно, $N\theta = \text{const}$. Таким образом, рассмотрение этой теоретической возможности вместо опровержения первого принципа неопределенности приводит лишь к другой его формулировке. При помощи системы из многих узкополосных фильтров сообщение как бы «извлекается» из фона. Ее структура раскрывает смысл коэффициента $K_{\text{мин}}$, определяющего соотношение между минимальным воспринимаемым сигналом σ и шумом фона N , которое мы считали величиной постоянной на заданном временном интервале, например на интервале минимальной длительности восприятия. Как мы только что показали, коэффициент $K_{\text{мин}}$ может стать неограниченно большим, т. е. при помощи фильтра можно выделить какой угодно слабый сигнал на фоне маскирующего его шума. Используя достаточное число таких фильтров, можно было бы точно определить форму сигнала, его «спектральный состав» (устройства, работающие на этом принципе, в настоящее время уже существуют и называются «спектральными анализаторами»). Однако для этого мы должны были бы располагать достаточным временем, которое будет неограниченно возрастать по мере того, как сообщение становится все более слабым по сравнению с шумом.

Таким образом, для выделения бесконечно малого сигнала на фоне шума требуется:

- а) бесконечно большое число фильтров со все более и более узкой полосой пропускания и
- б) бесконечное время наблюдения или восприятия сообщения.

В случае когда априори известна частота f сигнала и требуется определить его амплитуду, полученное соотношение принимает вид:

$$\text{Ошибка в амплитуде} \times \text{Время наблюдения} = \text{Const.}$$

Иначе говоря, когда время, требуемое для наблюдения, велико, возрастает вероятность того, что рассматриваемое явление за это время может видоизмениться — перестать существовать или подвергнуться другим изменениям — до того, как мы «успеем» его выделить. Мы знаем, что в природе не бывает строго периодических явлений. Например, максимальная длительность звучания наиболее продолжительных музыкальных звуков (звук органа) составляет около 5 сек. В общем случае величина возможной ошибки в определении длительности (т. е.

временного аспекта) наблюдаемого явления равна времени наблюдения θ , так как изменения в явлении за это время не могут быть учтены наблюдателем. Таким образом, можно сформулировать *второй принцип неопределенности*:

Ошибка в амплитуде \times Ошибка в длительности = Const

Описанная система выделения сигнала на фоне шума представляет не только теоретический интерес. Устройства, состоящие из многих узкополосных фильтров, перекрывающих некоторый диапазон частот, широко распространены в природе. Таким устройством, например, является *ухо* человека, порог чувствительности которого при времени восприятия порядка интервала задержки звукового раздражения ($1/10$ сек) равен около $5 \cdot 10^{-16}$ эрг, что ненамного превышает уровень атмосферного молекулярного фона в области слышимых частот ($2 \cdot 10^{-16}$ эрг/см²). Это соответствие свидетельствует о приспособленности человеческого организма к внешним условиям. Аналогичный вывод был получен психологами в отношении глаза (его чувствительность близка нескольким квантам в секунду). Понятие «кванта длительности», или «минимального времени восприятия», которое широко используется в последующем изложении, можно, следовательно, рассматривать и под несколько другим углом зрения. Минимальное время восприятия представляет собой время, необходимое для обработки информации в психофизиологических «фильтрах», оптимальное с точки зрения наиболее эффективного использования их чувствительности для среды, в которой находится индивидуум. Приспособляемость индивидуума к внешним условиям может рассматриваться в качестве одного из общих законов психофизиологии, о чем свидетельствует, например, и то, что область слышимости ограничена сверху высотами 16 000—20 000 гц, поскольку ультразвуковые волны плохо распространяются в воздухе и поэтому не могут быть использованы в качестве носителя информации¹⁾.

Проведенное рассмотрение позволяет выяснить значение параметра *времени* (точнее временной задержки)

¹⁾ В качестве интересного примера приспособления к среде, отличной от физической среды, в которой протекает нормальное человеческое общение, можно привести изученную за последние годы акустическую сигнализацию дельфинов, где используются и ультразвуки (обычным каналом связи является вода, а не воздух); см. Л и л и Дж., Человек и дельфин, Изд-во «Мир», 1965.—*Прим. ред.*

восприятия. В общем случае аналогично случаю «фильтров» уха оно необходимо для интегрирования ритмических элементов сообщения, позволяющих отличать его от аритмичного фона. Когда отличие становится достаточно сильным, возникает соответствующее ощущение. Порядок возникает на фоне хаоса. Наличие автокорреляции в сигнале нарушает хаотичность шума. Другими словами, ощущение формы представляет собой *восприятие автокорреляции* периодического звукового сигнала. Такое же рассмотрение с соответствующими изменениями можно провести для случая зрительного восприятия.

Таким образом, мы приходим к результатам, аналогичным полученным в гл. II относительно непосредственно воспринимаемой периодичности — ритма. Предсказуемость сигнала, измеряемая его автокорреляцией, играет основную роль в восприятии формы, идет ли речь о структуре звукового явления или о его материальной стороне (высоте или спектре). Если сигнал длится дольше, чем это необходимо для интегрального восприятия звука, то он обладает избыточностью.

В психологических исследованиях слуха это интегральное восприятие основательно изучено, причем установлено, что для *четкого распознавания* высоты музыкального звука требуется время, примерно равное *четырем периодам звуковых колебаний*. Этот вывод хорошо согласуется с результатами исследованного выше «восприятия периодичности», минимальная длительность которого равна 3—4 периодам ритмических явлений. Если их длительность меньше (некоторые пиццикато в низких нотах струнных инструментов), то музыкальный звук поглощается шумом, не имеющим определенной высоты. Квантование длительности препятствует восприятию длительности, меньшей $\frac{1}{16}$ — $\frac{1}{20}$ сек. Если, как обычно, музыкальный звук длится дольше $\frac{1}{16}$ сек (например, $\frac{40}{256}$ сек), то это *ничего не прибавит* к восприятию в первые $\frac{1}{16}$ сек. В этом случае возникает восприятие длительности как таковой, на котором мы пока не будем останавливаться.

Следует отметить, что, как правило, длительность музыкальной ноты или гласной фонемы значительно больше минимального времени восприятия, равного четырем периодам звуковых колебаний. На интервале длительности слога ($\frac{1}{12}$ сек) при частоте 450 гц (средняя высота) укладывается 40 полных колебаний. То же самое можно сказать о музыкальных нотах (например, 80 четвертей в минуту). Таким образом, звуковое сообщение, как правило, обладает *большой избыточностью*; его длительность во много раз (в рассмотренном примере — в $40 : 4 = 10$ раз)

превышает минимальное время, необходимое для его восприятия.

Об этом же свидетельствуют описанные выше опыты временного сжатия речи. Избыточность создает *помехозащищенность* сообщения, воспринимаемого на фоне шума (например, белого шума, описанного в конце предыдущего параграфа). Возможность восприятия музыкального или речевого сообщения на фоне белого шума, уровень которого на 15—20 *дб* выше уровня сообщения, объясняется тем, что каждый его элемент, несущий полезную информацию, обладает большой избыточностью. Например, при помощи его 10-кратного повторения можно *защитить* интегральное восприятие от действия шума, на фоне которого оно будет выделяться благодаря своей периодичности. В этом и проявляется второй принцип неопределенности: при наличии шума приемник может путем увеличения времени наблюдения уменьшить ошибку в определении уровня сигнала (или в определении наличия сигнала в нашем примере). Таким образом, мы слышим сигнал в шуме, потому что мы воспринимаем его автокорреляцию по контрасту с шумом, который является некоррелированным.

§ 4 ЭФФЕКТИВНОСТЬ СИМВОЛОВ И ПОВЫШЕНИЕ УРОВНЯ ПОРОГОВ

Рассмотренные два принципа неопределенности устанавливают *теоретические* границы восприятия. Они определяют набор основных элементов ощущения, которые можно рассматривать как мельчайшие частицы, или «зерна», сообщения. Принципы неопределенности, например, позволяют установить соответствие между зернистостью фотоземлюли и растром типографского клише или частотой строк телевизионного изображения. Если мы хотим пренебречь при восприятии искусственным характером того канала, по которому передается сообщение, то составляющие его физические элементы, или «зерна», должны быть мельче «психофизических» элементов, т. е. «зерен» ощущения. Как показано выше, предельные размеры последних определяются принципами неопределенности.

Только в исключительных случаях интенсивность сообщения настолько мала, что от приемника требуется предельное внимание, ввиду того что восприятие достигло уровня ограничений, налагаемых принципами неопределенности. В то же время можно сказать, что с точки зрения

скорее психологической, чем физической, жизнедеятельность человека протекает *ненормально*, если его способность восприятия постоянно достигает уровня ограничения. Но человек испытывает действие рассматриваемых ограничений только в этих исключительных случаях. К таким случаям относится, например, управление самолетом, когда задержка в каналах восприятия и задержка при реакции должны быть предельно малыми при максимальном использовании емкости каналов восприятия. Другим примером может служить поведение испытуемого субъекта при определении его абсолютного или дифференциального порога слышимости в продолжительном и кропотливом лабораторном эксперименте.

Здесь уместно указать на аналогию между нашими принципами неопределенности и соответствующими принципами неопределенности в теоретической физике. При всем их большом значении для философского и психологического исследования структуры восприятия они в большинстве реальных ситуаций играют довольно незначительную роль. Большинство сигналов, воздействующих на органы восприятия человека, в частности эстетические сообщения, имеют достаточно грубую структуру, и важное значение имеет вопрос об эффективности практического использования богатейшего набора элементов восприятия, определяющего емкость каналов восприятия. В действительности благодаря задержке восприятия происходит своеобразная *схематизация* сообщения, причем психологические исследования показали, что одним из характерных свойств органов чувств является их способность к адаптации, т. е. способность переходить от восприятия формы самых грубых структур до развертки самых тонких из них.

Ухо способно воспринимать 340 000 звуковых элементов за 0,1 сек, обеспечивая поступление информации $H = 10 \log_2 340\,000 \text{ бит/сек}$. Глаз со своими 100 млн. воспринимающих элементов также обладает фантастической пропускной способностью. Эти факты плохо согласуются как с бедностью наших мысленных образов или воспоминаний, которые в какой-то мере должны соответствовать первичным восприятиям, так и с реальной скоростью восприятия информации. Очевидно, что вспоминанию должно предшествовать восприятие, причем пропускная способность каналов восприятия не может превышать некоторого предельного значения, называемого «пределом восприятия», который играет очень важную роль в процессе восприятия. *Воспринимать* — значит *отбирать*, поэтому мы попытаемся оценить роль структурных

свойств воспринимающего индивидуума при осуществлении такого отбора.

Исследование, проведенное в гл. I, показало, что, поскольку количество информации, содержащейся в сообщении, определяется формулой $\sum p_i \log_2 p_i$, уменьшить его можно двумя «способами»:

а) уменьшить число эффективно используемых элементов;

б) повысить избыточность путем увеличения числа случайных связей между элементами и группами элементов (символами).

В качестве типичного примера искусственного канала для хранения информации рассмотрим *географическую карту*. Она представляет собой временной канал, предназначенный для запоминания географических сведений о местности. Будем рассматривать только те карты, которые можно читать невооруженным глазом. Для эффективного использования емкости зрительного канала масштаб карты должен выбираться так, чтобы самые мелкие детали, которые необходимо нанести на карту (дома, колодцы и т. д.), соответствовали разрешающей способности глаза a , равной углу в $1'$ на расстоянии 20 см (на основе этого принципа установлены минимальные размеры деталей карт Национального географического института Франции), и чтобы хватило места для всех этих деталей, различимых в таком масштабе.

Такие карты начали изготавливаться в прошлом веке в связи с прогрессом полиграфии. Однако в скором времени от них отказались вследствие их непрактичности. Они хранили максимально возможное количество информации, но это количество превосходило предел восприятия человека. На картах, обычно используемых в наше время, мелкие детали наносятся в более крупном масштабе по сравнению с масштабом карты. Последний, как правило, выбирается гораздо меньшим по сравнению с теоретическим, несмотря на ряд его достоинств (например, отсутствие нагромождения деталей). Другими словами, по общему соглашению составители карт решили отказаться от нанесения большого числа деталей (большого количества информации), увеличив при этом масштаб изображения некоторых символов и соответственно уменьшив их количество на карте, т. е. их поверхностную плотность.

Другой способ уменьшения информации состоит в повышении избыточности и осуществляется путем использования менее разветвленной классификации деталей карты и ограничения набора, т. е. путем значительного уменьшения разнообразия «символов» карты по сравнению

с разнообразием соответствующих им объектов — дорог, домов и т. д. Таким путем удается увеличить «четкость» карты, приблизив ее к четкости печатного текста (см. показатель Флеша [III-1]; Жаваль [V-3]).

Экспериментальное исследование каналов восприятия человека, по которым принимаются сообщения из внешнего мира, обнаруживает весьма сходное явление — одно из самых общих явлений экспериментальной психологии, — заключающееся в *динамическом повышении порогов* восприятия. Следствием этого повышения порогов восприятия является значительное уменьшение набора основных элементов восприятия, различные комбинации которых составляют сообщение. Это явление можно наблюдать во всех каналах восприятия. Вследствие его непостоянства и сложности оно до настоящего времени сравнительно плохо изучено.

В гл. I мы определили набор элементов канала восприятия, характеризующийся следующими порогами:

абсолютный порог чувствительности,
абсолютный порог насыщения,
дифференциальный порог.

Значения этих порогов даны, например, в гл. I, § 3: абсолютный порог слышимости равен $2 \cdot 10^{-4}$ бар, абсолютный порог насыщения — 110 дб, а дифференциальный порог — 0,4 дб. Эти значения получены в результате лабораторного эксперимента, при проведении которого испытуемые субъекты находились в особых условиях, в состоянии полной *концентрации внимания* на восприятии. Такие условия нельзя считать нормальными условиями восприятия, ибо большинство процессов восприятия происходит в совершенно другой обстановке. Ощущение меняется во времени и обнаруживается благодаря сопоставлению с тем, что ему предшествует, и с тем, что за ним следует; оно находится в постоянном движении. При этих условиях значения эффективных дифференциальных порогов могут измениться по сравнению с соответствующими значениями в лабораторных условиях. Действительно, проведенное в начале этой главы рассмотрение принципов неопределенности показывает, что, так как сигналы сравнительно быстро изменяются во времени, происходит значительное повышение дифференциальных порогов, восприятие становится бледнее и для его существования требуются достаточно острые ощущения, причем чем короче продолжительность элементарных сигналов, тем острее должны быть ощущения¹⁾.

¹⁾ О дифференциальных порогах см. работы Л. А. Чистович [*VI-5—9]. — *Прим. ред.*

Этот вывод подтверждается на практике, несмотря на большие трудности проведения достаточно точных экспериментов. Например, можно обнаружить динамическое повышение дифференциальных порогов для музыкального слуха: если достаточно плавно изменять уровень, то невоспринимаемое отклонение может превышать 3 *дб* (40%) вместо полученного ранее значения дифференциального порога, равного 0,4 *дб*. Рассматриваемый вопрос является очень сложным, так как дифференциальные пороги зависят от характера изменения сигнала во времени. Так, в области высот, в которой дифференциальная чувствительность уха сравнительно высока, невоспринимаемое отклонение частоты от номинальной можно повысить с 4 до 40%, если надлежащим образом осуществить эксперимент, например если производить переходы достаточно плавно или если маскировать их при помощи особых приемов исполнения (например, вибрато и глиссандо). Известно, что большие значения допустимых отклонений при восприятии мелодии приводят к таким важным понятиям, как мажор и минор, причем минорная терция в результате последовательных отклонений может перейти в ложную мажорную терцию (Таннер).

В заключение перечислим основные выводы. Набор практически различных элементов гораздо беднее набора элементов, определенного на основе психофизических лабораторных исследований. Он постоянно изменяется и существенно ограничивает выбор между воспринимаемыми символами. Если для каждого измерения в пространстве параметров дифференциальный порог изменяется, например, в отношении 1 : 4, то для n -мерного пространства дифференциальный порог изменяется в отношении 1 : 4^n . Рассмотренные динамические элементы составляют набор основных элементов.

§ 5. ФУНКЦИЯ ЗАПОМИНАНИЯ И ОБРАЗОВАНИЕ СТРУКТУР ВОСПРИЯТИЯ

Выше мы исследовали субстанцию сообщения, его информацию, свойства, структуры, видоизменения и т. д. Мы провели простейшее рассмотрение субъекта-приемника на основе понятия среднего индивидуума и в предположении, что психологическая структура приемника информации определяется его состоянием и его социально-культурным прошлым; например, «предел восприятия» непосредственно зависит от образованности субъекта (скажем, в области музыки).

Такой подход необходим при статистическом рассмотрении, которое составляет основу настоящего исследования, во всяком случае, его первых глав. Вместе с тем известно, что всякая экспериментальная психология включает аспект *дифференциальной психологии*, исследующей причины различия способностей и реакций индивидуумов. Для более реального рассмотрения необходимо исследовать более сложную структуру приемника информации и его дифференциальные свойства, стремясь выявить факторы, их обусловившие, и, в частности, обращая особое внимание на такие важные для психологии факторы, как социальные.

В настоящее время состояние наших знаний таково, что любые попытки рассмотрения этих проблем за пределами более или менее очевидных простых случаев обречены на неудачу. Исследования переработки информации в приемнике при образовании реакций, объединяемые под общим названием «кибернетика», сосредоточивают в настоящее время свое внимание на поведении среднего индивидуума и вопросах непосредственного использования семантической информации. Эти теории пока еще не в состоянии объяснить совокупность тех явлений, которые относятся к так называемой «глубинной психологии» (*Tiefpsychologie*), играющей решающую роль в развитии эстетики, так что механистическое истолкование *homo aestheticus*¹⁾ было бы преждевременным.

Пока что нас здесь интересует только исследование свойств приемника без каких-либо априорных предположений о его реальной структуре. Всякая *схема*, учитывающая условия приема информации, какой бы искусственной она ни была, имеет поэтому теоретико-информационное значение в той степени, в какой она согласуется с экспериментом. Существенной характеристикой приемника информации, определяющей его отношение к сообщениям, является совокупность его «априорных знаний» о сообщении, в частности о наборе символов. Каждый конкретный приемник определяется совокупностью этих знаний. Во многих случаях сравнительно просто определить средние психофизические характеристики: число сенсорных элементов, способность к различению высоты звуков, звуковых и световых гамм и так далее, и даже характеристики динамического восприятия, поддающиеся экспериментальному исследованию (§ 4).

Гораздо труднее дать определение «среднего культурного индивидуума» на основе его априорных знаний.

Именно здесь оказалось бы нужным исследовать дифференциацию структур.

Современная психология связывает совокупность знаний о символах, случайных связях и реальных ситуациях с совокупностью способностей, объединяемых под общим названием *память*, которая в общем виде выражает зависимость состояния индивидуума от его истории, или влияние прошлого на настоящее.

В современной психологии в соответствии с идеей А. Бергсона¹⁾ различают следующие три функциональных типа временных постоянных:

а) *Минимальное время (задержка) восприятия* (*délat minimum de perception*) — величина порядка $1/10$ — $1/20$ сек, существенно постоянная для всех используемых каналов ощущения. Она непосредственно связана с работой синапсов и механизмов нервной системы. Понятие минимального времени восприятия относится скорее к психофизиологии, чем к собственно психологии. Мы уже показали важную роль понятия кванта восприятия, соответствующего минимальному времени восприятия, с точки зрения теории информации. Он представляет собой порог, ниже которого понятие длительности теряет смысл, т. е. существует только физическое время. Структура нервной системы такова, что минимальное время восприятия является квазиабсолютной психофизической постоянной для каждого индивидуума.

б) *Длительность ощущения* (*durée de présence*) — время как бы «послесвечения» («фосфоресценции») мгновенных восприятий, изменяющееся от нескольких долей секунды до нескольких секунд. Длительность ощущения имеет двойную функцию. С одной стороны, она обеспечивает наличие ощущений, а с другой стороны — как свидетельствуют результаты моделирования и некоторые патологические случаи (см. Грэй Уолтер, Шеннон и др. [1-5]), — обеспечивает *непрерывность бытия*. Организм, лишенный элементарной памяти, не может иметь внутренней связности: можно до бесконечности вызывать у него один и тот же рефлекс, но вследствие малой задержки он не сможет выполнить никакого действия («апраксия»²⁾). Вместе с элементарной задержкой ощущений организм теряет внутреннюю индивидуальность.

Эта мгновенная память создает восприятие длительности, связанное с соответствующим ощущением. Она «*датирует*» события в нашем сознании в течение этого

¹⁾ См. [1-2, гл. 1].— *Прим. ред.*

²⁾ Апраксия — невозможность осуществления действия, вызываемая расстройством центральной нервной системы.— *Прим. ред.*

«послесвечения» восприятия. Именно длительность ощущения делает возможным распознавание образов посредством их развертки в сообщении, которое слишком сложно, чтобы оно могло быть воспринято мгновенно (ср. гл. II, § 1). Она представляет собой элементарную память, необходимую для восприятия автокорреляции, существование которой мы выяснили в гл. II, и обуславливает восприятие временных форм ритма и мелодии. Ее переменный характер отражается в переменной длительности мелодических фраз, рассматриваемых как целостные музыкальные образы (гл. V). Фрэсс показал, что ошибка в оценке длительности минимальна, если последняя близка к 0,8 сек.

в) *Собственно память* соответствует постоянной задержке и не фиксируется в сознании (разве лишь путем сопоставления с внешним событием, например с положением стрелок на циферблате). Эта постоянная времени подвержена влиянию различных не поддающихся определению факторов, вследствие чего она носит случайный характер. Тот факт, что какое-то событие запоминается или забывается, целиком не определяется его содержанием.

Собственно память создает зависимость состояния индивидуума в данный момент времени от прошлого опыта, определяя структуры, символы и их случайную организацию, отношение оригинальность/банальность и избыточность каждого сообщения. Поэтому она имеет существенное значение для структуры мышления воспринимающего субъекта, и поэтому мы должны исследовать механизм образований этих структур на основе полученных сообщений, или, другими словами, исследовать механизм *обучения*.

В качестве иллюстрации рассмотрим классическую модель памяти, элементами которой являются перфорированные карты. Модель работает следующим образом. *Часть* актов восприятия записывается на перфокарте в виде *символов* (а не фотографически точно, как это ошибочно утверждали некоторые теории мысленных образов), причем время записи не фиксируется. Эти перфокарты в принципе обеспечивают возможность сохранения записи неизменной, хотя в некоторых случаях они могут быть «разрушены» или «потеряны». Мы будем считать, что последовательное образование структур из символов сообщений, описанное в предыдущих главах, соответствует статистической обработке множества перфокарт, образующих такую «память».

Наша цель состоит в том, чтобы выяснить, как на основе полученных сообщений строится статистический закон, относящийся к будущим сообщениям.

§ 6. ЗАПОМИНАНИЕ И ИНФОРМАЦИЯ

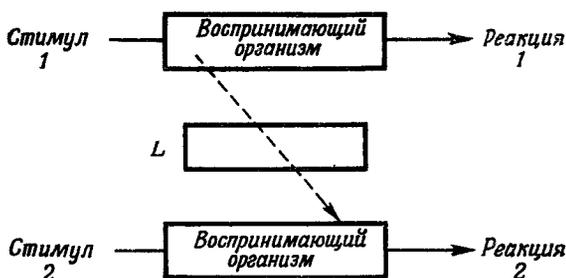
Таким образом, из элементов, которые уже были отобраны восприятием, при обучении создается своего рода ярлык, указывающий на прошлое событие, например на эстетическое сообщение, относительно которого в объективной психологии принимается, что оно тем или иным способом закрепляется в памяти. Вопрос о том, как это происходит, рассматривается в психофизиологии, и в настоящем исследовании он нас непосредственно не будет интересовать. Предметом нашего исследования является не столько воспоминание (*souvenir*) и процесс его осознания, сколько связанный с ним процесс обучения (*англ. learning*), при помощи которого из множества частных восприятий образуется одно общее восприятие.

Построение на основании изолированных событий общего «правила» — в достаточной степени случайного, т. е. не принудительного (причем совокупность таких правил определяет статистическую структуру последовательно принимаемых сообщений и тем самым уменьшает их информацию), — представляет собой специфически биологический процесс обучения. Для пояснения особенностей этого процесса сравним биологическую структуру с крупной системой автоматической телефонной связи, в которой время соединения с абонентом не зависит ни от расстояния между пунктами, ни от важности вызова, а определяется исключительно количеством операций, которое в свою очередь зависит от сложности номера, остающейся неизменной для каждой данной станции. Как отметил Винер [II-4], можно с уверенностью утверждать, что биологическое устройство, вынужденное сотни раз в день вызывать один и тот же номер, который был бы для него особенно важным, быстро нашло бы пути ускорения соединений в зависимости от частоты вызова за счет времени соединения с номерами, вызываемыми только в исключительных случаях. В этом состоит различие между биологической и физической системами. В настоящее время автоматическая телефонная станция еще не умеет замечать, что один номер вызывается гораздо чаще другого и поэтому содержит меньше информации, т. е. она не умеет делать общие выводы и обучаться¹⁾.

¹⁾ В настоящее время составляются такие программы для вычислительных машин, по которым машина может сама подсчитывать наиболее часто выполняемые операции и соответствующим образом видоизменять ранее составленные программы (см., например, [*1-18]).— *Прим. ред.*

Психологи-бихевиористы, в частности К. Левин, Хэлл [VII-3] и Уолтер [II-1], давно разработали операционную схему образования условных рефлексов, основанную на понятии последовательного совпадения (фиг. 5).

Пусть стимул S_1 вызывает в данном организме реакцию R_1 , а стимул S_2 — реакцию R_2 ; «цепи» образования реакций, вообще говоря, являются независимыми. Но если стимулы S_1 и S_2 много раз будут воздействовать почти одновременно («квазиодновременно»; практически это означает, что интервал между моментами появления стимулов не должен превышать минимальное время восприятия θ), то образуется *условный рефлекс*, вследствие которого



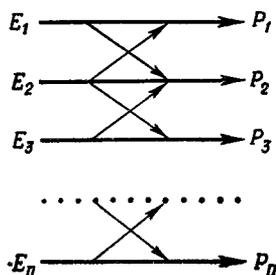
Ф и г. 5. Механизм условного рефлекса.

стимул S_1 вызывает не только реакцию R_1 , но и реакцию R_2 при отсутствии S_2 . Другими словами, происходит образование новой цепи стимула через промежуточный механизм L , который создает связь между двумя первоначально независимыми цепями.

Для обоснования такого подхода к проблеме элементарного обучения некоторые авторы (Г. Уолтер [II-1], Шеннон [I-5] и др.) изготовили модели описанной схемы.

Отличительным свойством схемы образования условного рефлекса является возможность уменьшения числа сигналов в результате образования дополнительной связи. Если первоначально для образования двух реакций или восприятий требовались *два* события или ощущения S_1 и S_2 , то связь L , образуемая между 1 и 2 при достаточно частом одновременном воздействии сигналов S_1 и S_2 , приводит к тому, что для образования двух восприятий R_1 и R_2 достаточно какого-нибудь одного из двух событий S_1 и S_2 . В этой схеме избыточность простых групп двоичных сигналов используется для создания механизма, который представляет собой элементарную память.

Аналогичным образом рассмотрим структуру с памятью в общем случае. Пусть (фиг. 6) одновременные элементы ощущения E_1, E_2, \dots, E_n образуют сложный сигнал E . Каждый элемент E_i вызывает элементарное восприятие P_i ($i = 1, 2, \dots, n$). Будем говорить, что имеет место *запоминающая символизация*, если существует некоторая материально реализуемая система (хотя определение деталей ее материальной реализации не входит в нашу задачу), которая при многократном квазиодновременном действии множества сигналов E_1, E_2, \dots, E_n формирует такие связи между различными частями приемника, что произвольный элемент E_i сигнала E вызывает сложное восприятие



Ф и г. 6.

$P = \sum_1^n P_i$. Этот элемент мы будем называть *символом* множества элементов $\sum_1^n E_i$ ¹⁾.

На основе описанной схемы можно рассмотреть возможные варианты ее материальной реализации. Мы не будем на них останавливаться, поскольку наше исследование относится к теории информации. Однако мы попытаемся определить, каким образом физические структуры, реализующие описанную схему, выполняют функции приемника информации и, в частности, какое значение для них имеют следующие три типа «памяти» (см. § 5) с различными временными постоянными:

а. Как отмечалось выше, для приведения в действие устройства M множество сигналов E_1, E_2, \dots, E_n должно быть «квазиодновременным». Следовательно, для того чтобы эти сигналы могли быть зафиксированы как одновременные, они должны поступать к чувствительным эле-

¹⁾ В тексте оригинала имелись некоторые неточности в обозначениях, исправленные при переводе.— *Прим. ред.*

ментам (точнее, на их входы) в течение интервала времени $t < \theta_0$. Из психофизиологии известно, что минимальная задержка нервной реакции определяется интервалом задержки в синапсах, и элементы ощущения, находящиеся внутри этого интервала, воспринимаются как одновременные. Следовательно, понятие «квазисовременности» событий означает, что события произошли на интервале θ_0 . Таким образом, мы снова пришли к понятию минимального времени восприятия.

б. Интегрирование последовательных серий квазисовременных элементов может осуществляться только в неограниченном интервале, так как моменты времени исчезновения этих элементов не могут быть заранее определены. Способ интегрирования обуславливает величину задержки или «фосфоресценции» ощущений, связанной с максимальной длительностью ощущения, о которой мы говорили выше. Как уже отмечалось, непосредственное восприятие временных звуковых форм является *восприятием автокорреляции*, для которого принципиально необходимо существование *памяти*, позволяющей в каждый данный момент времени сравнивать функции $f(t)$ и $f(t + T)$. Необходимость памяти для запоминания сигнала на время длительности ощущения обуславливается различными причинами, вытекающими из различных значений временного интервала.

в. Описанный механизм образования символа сводится к выбору части элементов ощущения в качестве представителей всего ощущения в целом (*pars pro toto*)¹⁾. Эта структура способна запоминать, не фиксируя задержку, и забывать, так как вновь образованная связь может в дальнейшем разрушиться. Основываясь на классических результатах Эббингхауза относительно запоминания слогов, Ферстер разработал статистическую теорию памяти [II-8], которая описывает процессы забывания и удовлетворительным образом учитывает флуктуации памяти, а следовательно, и интересующие нас случайные факторы, действующие при образовании символов. Эта теория исходит из того, что всякое использование данных, сохраняемых в памяти (например, данных о структуре сообщения), представляет собой новую форму их представления и, следовательно, приводит к частичному переобучению. Допущение о том, что элементы сообщения «записаны» в «клетках», приведенных в некоторое особое состояние, которое нам нет необходимости здесь уточнять, но из которого они могут возвращаться в исходное

состояние через неопределенные промежутки времени, изменяющиеся по закону случайных величин, заставляет приписать этим «отпечаткам в памяти» некоторое «среднее время жизни», подобно тому как это делается в теории радиоактивности или квантовой теории клеточных потенциалов. Отсюда следует, что первоначальное сообщение подвержено самопроизвольному разрушению, и всякое использование информации, хранящейся в памяти, сопровождается последовательным *переписыванием* информации в клетках, подчиняющимся также закону случая. Таким образом, существует непрерывный переход группы T_1 в группу T_2 , происходящий сознательно (припоминание) или бессознательно.

Описанный несложный механизм позволил автору объяснить некоторые экспериментальные результаты Эббингауза, показать существование «абсолютного воспоминания» о прошлом восприятии, которое хранится в нашем сознании в качестве постоянной записи, и выяснить природу самопроизвольных воспоминаний о событии через несколько часов после того, как оно произошло и отпечаталось в памяти в виде символов (*raving round and round*¹⁾).

Основной интерес для нас представляет определение связи характеристик случайного процесса запоминания информации прошлого сообщения с общими свойствами клеток в свете последних результатов исследований микрофизиологии нервных клеток [I-5; II-6].

Описанная схема механизмов переработки информации субъектом-приемником, развитая нами на чисто функциональной основе, позволяет логически обосновать основные требования к характеристикам приемника информации. Она дает нам возможность уточнить природу связи между индивидуальной ценностью сообщения и социально-культурной средой через записанный в памяти прошлый опыт, статистическое описание которого дает символическое кодированное представление априорной информации о будущем сообщении. Исследование этой схемы является дальнейшим развитием теории информации, которая вначале рассматривала только материальные сообщения, передаваемые посредством постоянных кодов, с которыми мы имеем дело в технических приемниках. Рамки такого рассмотрения являются слишком тесными для экспериментальной эстетики и теории восприятия, которые в первую очередь должны учитывать индивидуальные различия.

¹⁾ Навязчивое воспоминание (англ.).— Прим. перев.

§ 7. ВЫВОДЫ

В настоящей главе рассмотрены пределы восприятия, задаваемые структурой приемника и ее динамическими вариациями, а также способ заучивания правил и символов в памяти. При этом получены следующие результаты:

1. Определение понятия «формы» в том смысле, как это понятие было введено в предыдущей главе, т. е. с точки зрения внутренней взаимосвязанности, может быть дано только путем противопоставления *фону*, имеющему другую степень внутренней взаимосвязанности.

2. Упорядоченный сигнал всегда воспринимается на фоне случайного шума.

3. Логическое определение понятия «шума» должно основываться на понятии *преднамеренности*: шум представляет собой сообщение, которое передатчик не имеет намерения передавать.

4. В случае когда приемником является человек, а передатчиком — внешний мир, преднамеренность уступает место *выбору* элементов сообщения на основе относительной ценности каждого из них.

5. При выборе элементов сообщения в случае отсутствия априорной информации о нем структурным образованиям отдается предпочтение перед аморфными сообщениями. Это равносильно использованию *статистического* критерия для установления морфологического различия между формами и шумом.

6. При исследовании восприятия формы на фоне шума можно использовать метод экспериментальной эстетики, заключающийся в параллельном исследовании искажений восприятия и элементов вызвавшего его сообщения.

7. Морфологически идеальным шумом является белый шум, возникающий при суперпозиции элементарных импульсов, образующих некоррелированную последовательность. Частотный спектр белого шума является равномерным во всем диапазоне частот, т. е. содержит все возможные составляющие с равной вероятностью.

8. Такого рода шум образует задний план, на фоне которого должны быть выделены сообщения из внешнего мира при восприятии их приемником.

9. Исследование «окрашивания» белого шума по существу представляет собой исследование минимально воспринимаемой формы на фоне хаотического шума. Последняя представляет собой один из порогов восприятия формы, зависящий от ее материальной структуры.

10. Распознавание организованной формы на фоне хаотического явления, каким является белый шум, ста-

новится невозможным только в том случае, если уровень белого шума намного превышает уровень сигнала.

11. Возможности чувственного восприятия человека, так же как возможности усиления сигналов, ограничены в соответствии со следующим принципом неопределенности, который аналогичен принципу Гейзенберга и связан с самой природой вещей:

$$\text{Ошибка в амплитуде сигнала} \times \text{Ошибка в форме сигнала} = \text{Const.}$$

12. Искусственными средствами можно обеспечить прием и бесконечно слабого сигнала при условии:

- а) априорного знания его частотных составляющих;
- б) бесконечного времени наблюдения.

13. Второй принцип неопределенности можно сформулировать следующим образом:

$$\text{Ошибка в амплитуде сигнала} \times \text{Ошибка в длительности сигнала} = \text{Const.}$$

14. Время, необходимое приемнику для восприятия сигнала на фоне шума (задержка восприятия), используется для интегрирования упорядоченных элементов сообщения, что позволяет отличить их от случайных явлений. Другими словами, речь идет о «взвешенном» восприятии автокорреляции по сравнению с шумом.

15. Можно принять, что человек обладает способностью непосредственного восприятия автокорреляции сигналов, дающей ему ключ к восприятию форм. Восприятие формы является восприятием автокорреляции составляющих ее физических элементов.

16. Восприятие сообщения на фоне значительно превосходящего его бесформенного шума возможно благодаря избыточности, создаваемой повторением сигналов сообщения в течение промежутка времени, намного превышающего минимальное время, необходимое для его восприятия в изолированном виде.

17. Значения дифференциальных порогов, определяемых психофизиологией на основании лабораторных опытов, и значения абсолютных порогов, обусловленных сформулированными принципами неопределенности, редко достигаются в практически принимаемых сообщениях, природа которых, как правило, намного грубее.

18. Фактически происходит динамическое повышение дифференциальных порогов, существенно уменьшающее набор элементов, определенный в пространстве параметров сигнала.

19. Информационное содержание сообщения определяется структурами, которые приемник в нем воспринимает. Эти структуры в свою очередь заучиваются памятью, которая резюмирует в виде произвольных правил или символов совокупность ранее воспринятых индивидуумом сообщений.

20. Приемник является самообучающейся системой. Каждое принятое сообщение изменяет его способность к восприятию последующих сообщений.

21. Функции, объединяемые общим родовым понятием «память», можно в соответствии с их временным масштабом классифицировать следующим образом:

мгновенная длительность восприятия (0,1 сек)
временной материи;

непосредственная память в течение промежутка времени (от 1 до 10 сек), необходимого для восприятия временных структур;

«долговременная» память — произвольная, зависящая от воли человека, психологически «недатированная», т. е. не привязанная к определенному моменту.

22. Символы создаются памятью путем ассоциирования совокупности элементарных восприятий, порожденных множеством элементарных ощущений, с одним-единственным или ограниченным числом таких ощущений, приобретающих значение символа. Здесь имеет место сокращение числа элементов благодаря частому повторению микрогруппы элементарных ощущений.

23. Непостоянство памяти обусловлено статистическим разрушением элементов восприятия. Вследствие этого непостоянства мысленные структуры, образованные при помощи памяти, также носят случайный, произвольный характер.

Проведя в первых трех главах общее рассмотрение положений теории информации в применении к человеческому восприятию, мы в последующих главах применим полученные общие результаты к исследованию звуковых и, в частности, музыкальных сообщений, рассматриваемых как пример эстетических временных сообщений.

IV. Звуковые и музыкальные структуры. Звуковой объект

„Представление о звучании, живущее в мозгу художника, является первым и создающим“.

АРНОЛЬД ШЕРИНГ

Развитый выше подход к проблеме восприятия индивидуумом сообщений из внешнего мира был преимущественно аналитическим. Мы попытались установить структурные элементы восприятия сообщений путем аналитического исследования формы, отражающей существенные стороны процесса восприятия. Точно так же при исследовании звуковых сообщений, проведенном в гл. II и III, мы в качестве основного типа звуковой структуры рассматривали элементарные формы периодичности. Однако хорошо известно, что совокупность сообщений в интересующей нас области качественного восприятия звукового материала характеризуется структурностью гораздо более высокого порядка, которая намного сложнее простой периодичности и элементарного ритма.

Декартовский метод анализа явлений рекомендует исследователю идти от простого к сложному. Звуковые сообщения являются наряду с напечатанными текстами простейшими среди полных (т. е. имеющих самодовлеющий характер) эстети-

ческих сообщений. Другие формы эстетических сообщений, такие, как живопись, графика, кино, относятся к структурам более высокого порядка, чрезвычайно трудно поддающимся изучению. Поэтому мы в процессе нашего исследования сосредоточим свое внимание именно на звуковых сообщениях — речевых и музыкальных.

При исследовании музыкальных произведений мы имеем дело со случаем, когда основные структуры большого масштаба, начиная с нот, тактов, музыкальных фраз и кончая партитурой в целом, выступают особенно отчетливо и являются определяющими для всего произведения. Поэтому заранее можно предсказать, что исследование восприятия, которое должно постепенно подготовить нас к пониманию эстетического восприятия, лучше всего начать именно с анализа музыкальных сообщений.

§ 1. КРИТИКА ТЕОРИИ МУЗЫКИ

Существует важный «свод законов», изучающих структуры музыкальных сообщений. Таким сводом законов является «теория музыки», которая распадается на ряд частных дисциплин: сольфеджио, гармонию, контрапункт, фугу и композицию. Они образуют в совокупности один из важнейших разделов теории и истории эстетики, музыковедения и других смежных наук, и мы прежде всего попытаемся найти путеводную нить, которая позволила бы нам разобратся во всем этом необъятном материале.

До настоящего времени попытки (а их было очень много) применить в этой области научный метод¹⁾ кончались неудачно. Создается впечатление, что все это огромное здание эстетики построено на песке, и всякое критическое научное исследование основ перечисленных выше дисциплин, проводилось ли оно физиками, психологами или же музыковедами, изучавшими принципиальные основания своей собственной науки, всегда приводило к отрицанию всякой объективной, а нередко даже и субъективной значимости этих основ, оставляя за ними лишь *условную* ценность²⁾.

Самое серьезное из этих исследований — теория Гельмгольца — оказалось несостоятельным в свете современных теорий слуха и целостного восприятия звука. Экс-

¹⁾ Имеются в виду методы точных (математических) наук.— *Прим. ред.*

²⁾ Относительно современного состояния музыкальной теории см. статью Л. А. Мазеля [*IV-82].— *Прим. ред.*

периментальная психология, исследовавшая поведение испытуемых, на которых не повлияло музыкальное образование, характерное для данного общества, показала несостоятельность теорий гаммы, консонирующих аккордов, ритмических тонов, членения музыкального отрывка, правил фуги и даже аккомпанемента, признавая в этих теориях лишь некоторые общие суждения о *предпочтении*, которые требуют большой осторожности.

В конечном счете для физиков, психологов и искусствоведов незыблемыми остаются только частные детали этого огромного здания, такие, как теория музыкальных инструментов, правила практических приемов игры и т. д., которые хотя и имеют существенное значение, но никак не характеризуют фундамента здания. Винкель [VI-11] пишет с ссылкой на Хиндемита [IV-12]: «Уже давно начали понимать, что теория гармонии, рассматриваемая как фундамент, на котором до сих пор основана теория музыки, с ее предписаниями относительно того, что разрешено и что запрещено, недостаточна для нашего способа представления всего музыкального многообразия. Это только краеугольный камень, который с точки зрения внутренней сущности оценивается соответствием интервалов. Она оказалась несостоятельной и может привести к ошибочным выводам, как это уже показала практика современной музыки».

Более того, эта прагматическая критика основ теории музыки осуществляется не только в академическом плане, т. е. в музыковедческой теории, но также, особенно с начала XX века, в плане чисто экспериментальном, на практической основе, и притом в таких масштабах, что пройти мимо этого невозможно.

Анализ музыки народов, далеких от европейской музыкальной традиции (Курт Закс, фон Хорнбостель), привел к отказу от основного принципа универсальных гамм при сохранении самого названия «гамма» в качестве системы отсчета в данной социально-культурной среде: огромное разнообразие гамм делает маловероятным явное превосходство какой-нибудь одной из них. Работы, посвященные музыкальной теории античности, заронили сомнение в правомерности таких основных правил, как правила мажора и минора. Распространение неопримитивистской музыки в настоящее время свидетельствует о том, что не исключена возможность найти элементы музыкальной условности (ритмы), отличные от классических. Уничтожение аккордов в додекафонной музыке и продолжающийся поиск новых возможностей, а также быстрое распространение экспериментальной музыки, вызванное

новыми техническими возможностями, практически доказывают непрочность теоретических принципов рассматриваемых теорий. Можно сказать, что эволюция музыки происходит в направлении последовательного нарушения сформулированных ранее правил¹⁾.

Однако не существует искусства, не подчиняющегося никаким ограничениям²⁾. Сказать, что музыка является искусством, значит сказать, что она подчиняется определенным правилам. Полная свобода от ограничений осуществляется только при случайном выборе, и слово «соз-

¹⁾ Новые явления музыкального творчества, о которых пишет автор, вызывают разноречивые суждения, которые удачно суммированы Г. Г. Нейгаузом в его характеристике этих течений: «В наше стремительное время с его все убыстряющимися темпами (особенно в науке!) очень трудно прийти к каким-то окончательным выводам — даже для самого себя — без претензии на общезначимость. Мое собственное восприятие различных явлений, мои мнения о них бывают чрезвычайно противоречивы. Например, явление додекафонии и серийной музыки часто представляется мне в методических своих основах схожим с раскладыванием сложного и интересного пазьяна. Минутами эта музыка может мне доставить некоторое своеобразное удовольствие, но только минутами (например, у Веберна). Думая о более слабых адептах этого направления, я не могу отказаться от мысли, что она является для них способом сочинять музыку (вернее, нечто музыкальное), не имея для этого никакого дарования, подчас даже музыкального слуха. Благодаря меценатам, пропаганде и рекламе они добиваются некоторого положения в свете, которого не добились бы другим способом. Впрочем, вопрос о додекафонии, тесно связанной со многими общими проблемами музыки XX века, весьма сложен и — скажу честно — для меня еще не до конца ясен» [*IV-42, стр. 11]. В художественной форме проблема психологических и социальных истоков современной музыки (в частности, двенадцатитоновой, или серийной, музыки А. Шёнберга) и ее значения поставлена Томасом Манном в романе «Доктор Фаустус» (см. особенно гл. XXII этого романа, где в этой связи обсуждается и проблема ограничений и свободы, разбираемая автором настоящей книги). — *Прим. ред.*

²⁾ Относительно ограничений в музыке ср. следующие замечания И. Стравинского: «Подобно тому, как латынь, не употребляемая в обыденной жизни, обявляла меня к известной выдержке, так и музыкальный язык требовал некоей условной формы, которая сдерживала бы музыку в строгих границах, не давая ей растекаться в авторских импровизациях, часто гибельных для произведения. Я добровольно поставил себя в известные рамки тем, что выбрал язык, проверенный временем и, так сказать, утвержденный им. Необходимость ограничения, добровольно принятой выдержки берет свое начало в глубинах самой нашей природы и относится не только к области искусства, но и ко всем сознательным проявлениям человеческой деятельности. Это потребность порядка, без которого ничего не может быть создано и с исчезновением которого все распадается на части. А всякий порядок требует принуждения. Только напрасно было бы видеть в этом помеху свободе. Напротив, сдержанность, ограничение способствуют расцвету этой свободы и только не дают ей перерождаться в откровенную распущенность» [*IV-43, стр. 193, 194]. — *Прим. ред.*

давать» (construire) означает то же, что бороться со случайностью. Любое искусство точно определяется совокупностью правил, которым оно подчиняется, и назначение эстетики состоит в том, чтобы сформулировать эти правила и найти их связь с общими законами восприятия.

Сказанное можно резюмировать следующим образом: те законы, которые последовательно нарушались в эзотической, примитивной, современной и экспериментальной музыке так, что при этом *ценность* этой музыки не разрушалась, не являясь *истинными* законами музыкальных структур. Их принципы не составляют истинного фундамента искусства, основанного на видоизменении длительностей. Должны существовать другие законы, еще более глубокие, фундаментальные и всеобщие, которым подчиняется структура временных видов искусства. Критикуя теорию гармонии, Хиндемит утверждает, что естественные законы музыки должны отражать столь же конкретное содержание, как и законы движения потока электронов или законы гидродинамики.

Музыкальная акустика, на которую многие эстетики и физики возлагали такие надежды, в целом потерпела неудачу как раз в силу того, что она не интересовалась реальными проблемами создания звуковых структур. В ней исследовалось, например, трение смычка о струну, тогда как единственное, что интересует музыканта, если он сам занимается изготовлением музыкальных инструментов,— это звучание, производимое данной струной. Поэтому естественно ожидать от теории информации, понимаемой в соответствии с предыдущим изложением как «физика сообщений», что она вслед за исследованием некоторых важных аспектов более элементарных структур займется исследованием структуры звуковых сообщений. Именно это мы попытаемся сделать в последующем изложении, используя метод *образных вариаций* (variation éidétique), с тем чтобы сформулировать условия существования звукового явления *как такового*, не опираясь на традиционные представления, неадекватность которых мы только что показали; одним словом, с тем чтобы сформулировать условия существования *звукового объекта*.

§ 2. ВОЗНИКНОВЕНИЕ ЗВУКОВОЙ МАТЕРИИ

Существенной чертой, характеризующей феноменологическое исследование музыкальных сообщений, является то, что оно принимает ту или иную материальную форму при передаче музыки по пространственным и временным

каналам, например при радиотрансляции или записи на магнитную ленту. Пока «музыка» непосредственно воздействовала на наш слух, естественно, возникала тенденция исследовать ее интуитивно или с помощью умозрительных рассуждений. При таком подходе в музыке не было даже намек на материальность. Но в наше время, когда музыкальный сигнал при помощи различного рода электрических цепей передается на расстояние, хранится, принимается, покупается и продается, его материальность стала очевидной. Он превратился в конкретный объект, обнаруживающийся в ряде явлений.

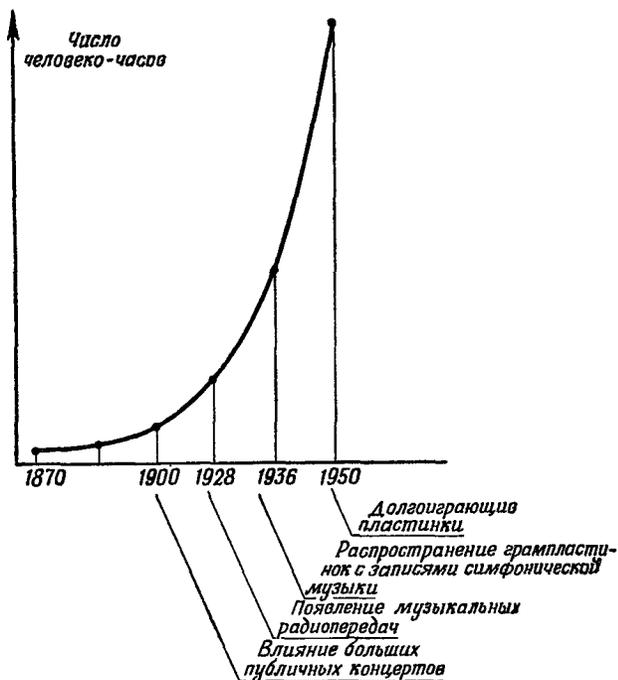
Новая форма «музыкальной материи» обязана своим появлением изобретению звукозаписи, которая поставила музыку в то же положение, в каком литература оказалась после изобретения книгопечатания. С изобретением звукозаписи музыкальное произведение теряет свою единственность; оно становится доступным наблюдению как произведение, существующее во времени. Этот скачок в развитии музыки произошел сравнительно недавно: существенное влияние звукозаписи на восприятие музыки проявилось только к началу 1936 года, когда широкое распространение достаточно качественных записей классических музыкальных произведений привело к изменению взглядов на музыкальное произведение (фиг. 7)¹⁾.

До изобретения звукозаписи музыка находилась в положении литературы до изобретения книгопечатания. Рукописи не могли играть существенной роли в экономической и социальной жизни общества. Народные сказания, исторические повествования, успехи ремесла и техники передавались изустно и принимали форму временной материи только в устах *рассказчика*. Каков был рассказчик, таково было и рассказываемое произведение, и точно так же, каков был исполнитель, такова была и музыка. Произведения устного творчества поэтому сводились к некой теме и ее более или менее верному исполнению, которое могло как возвысить, так и свести на нет само произведение. С изобретением книгопечатания литературное произведение становится неизменным, текст приобретает самостоятельное значение. Мы говорим о «Фаусте» Гете, а не о легенде о Фаусте. Аналогичная ситуация

¹⁾ Кривая, изображенная на фиг. 7, разительно напоминает кривые, изображающие рост средств передачи и хранения информации в других областях человеческой культуры за последние десятилетия; см., например, кривую роста числа научных публикаций на рис. 1-4 в статье Г. Э. В л э д у ц а, В. В. Н а л и м о в а, Н. И. С т я ж к и н а, «Научная и техническая информация как одна из задач кибернетики», *Успехи физ. наук*, 69, № 1, 14—16 (1959).— *Прим. ред.*

возникла и для музыки после изобретения звукозаписи¹⁾.

Если отвлечься от конкретных технических методов хранения звука во времени, то звукозапись по существу представляет собой отображение *времени на пространство*, при котором временная субстанция приобретает свойства,



Фиг. 7. Распространение музыкальной материи, характеризуемое произведением количества часов на количество слушателей, за последние десятилетия.

присущие пространственной субстанции и до сих пор отсутствовавшие у временной, в частности *постоянство во времени*.

Возможность воспроизведения является необходимым условием существования музыкальной субстанции. Она предполагает в той или иной форме, которую здесь можно и не уточнять, наличие некоторой *процедуры*, с помощью

¹⁾ О значении звукозаписи для сохранения авторской традиции исполнения см. Стравинский [* IV-43], стр. 217; об отрицательных явлениях, которые могут быть сопряжены с распространением звукозаписи, — там же, стр. 220.— *Прим. ред.*

которой от материальной записи звука можно переходить к самому звуку. Воспроизводимость привела к возможности различного *представления* звука, например с помощью осциллограммы и собственно *записи* на граммофонной пластинке или магнитной ленте, которые в подлинном смысле слова представляют собой звуковую материю, «консервированную» в пространстве и во времени.

Воспроизводимость и постоянство привели к «отождествимости» музыкального явления и тем самым придали ему *индивидуальность*, сообщили ему свойства «личности». Все, что нельзя повторить, не отождествимо. Девятая симфония Бетховена, записанная Шерхеном (Scherchen), является *произведением искусства*, всегда тождественным самому себе, как тождественны все грампластинки, вышедшие из-под одного и того же пресса, или все копии одного и того же фильма. Воспроизводимость позволяет противопоставить ее той же Девятой симфонии, записанной Караном (von Karajan), ставя на научную основу то, что раньше было предметом сравнения субъективных точек зрения.

Таким образом, одно из основных препятствий в развитии научной эстетики устраняется с изобретением звукозаписи и появлением искусств, существующих в записи, широкое распространение которых свидетельствует о том, что они постепенно становятся искусствами, обращенными к большей части человечества.

Люди творческого труда должны высоко оценить возможность точного (в принципе) воспроизведения, создающую инвариантность произведения искусства во времени, так как она гарантирует то постоянство, которое они раньше пытались достичь при помощи нотного письма и сложных словесных указаний, перегружавших партитуру музыкальных произведений. Хотя возможность воспроизведения и выдвигает на первый план исполнителя, который становится ответственным за реальное воплощение произведения (о значительной свободе действий исполнителя свидетельствуют случаи, когда публика или сам композитор выносили суровый приговор манере исполнения), она обеспечивает *гарантию вечности*, являющуюся целью всякого произведения искусства.

Время необратимо, оно определяет направление движения Вселенной. Поэтому временные явления также необратимы. Совокупность музыкальных сигналов, так же как и речевых, характеризуется определенным *направлением* течения, согласующимся с направлением движения Вселенной. Но отображение времени на пространство приводит к тому, что временные сигналы приобретают

свойственную пространству обратимость. Запись является обратимой, т. е. ее можно воспроизвести в направлении, обратном тому, в котором музыкальное произведение было задумано композитором. Собственно говоря, это представляет собой *эксперимент над временем*; этот эксперимент дает интересные результаты (см. гл. V), позволяя нам определить характер указаний, которые дает сообщение относительно направления движения времени.

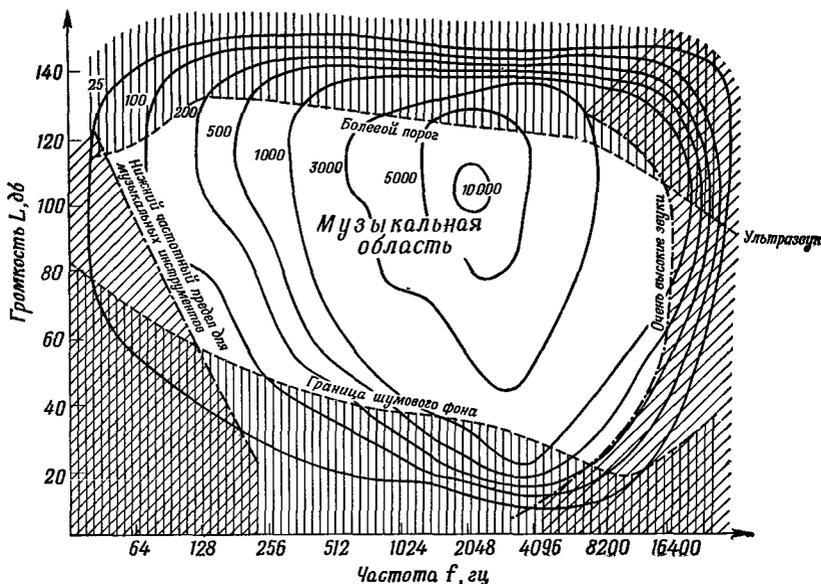
Наконец, вследствие отображения времени на пространство при помощи звукозаписи временная материя приобретает свойство *делимости*. Непрерывное и неделимое время становится делимым на сколь угодно большое число частей, которые можно располагать в произвольном порядке. Магнитную ленту, вдоль которой распределена звуковая материя, можно разрезать на любое число частей, склеить эти части в любом порядке как кроссворд, смешать с другими аналогичными записями, создав некоторое подобие полифонического сочинения, которое в отдельных местах разрушено или видоизменено, и т. п. В частности, магнитофонную ленту можно разрезать на части, соответствующие временному кванту восприятия ($1/16$ сек), что позволяет непосредственно воспринимать символы сообщения, принадлежащие данному набору.

§ 3. СПОСОБЫ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЗВУКОВОЙ ВРЕМЕННОЙ СУБСТАНЦИИ

Наиболее адекватным представлением сообщения, содержащегося в звуковой материи (в отличие от абстрактной схемы нотного письма, над которым нельзя экспериментировать), является представление его в виде последовательностей звуковых элементов, принадлежащих набору L, H и являющихся функцией времени. Оставляя пока в стороне временной параметр, который мы учтем в дальнейшем рассмотрении, мы можем в соответствии с § 5 гл. I считать, что мгновенное восприятие звука характеризуется двумя параметрами: высотой H , соответствующей частоте звуковых колебаний и выражаемой в *октавах* или *саварах* (часть октавы: $N_{sav} = 1000 \log_{10} [f/f_0]$), и громкостью L , соответствующей амплитуде звуковых колебаний и выражаемой в *децибелах* (dB) ($L_{dB} = 20 \log_{10} [P/P_0]$).

Мы знаем, что приемник, т. е. ухо, квантует эти параметры по уровню, и поэтому каждый звуковой элемент можно представить в виде элементарной клеточки. Каждый чистый звук, представляющий собой неограниченное во времени колебание основной частоты без гармоник

(такой звук можно получить от генератора синусоидальных колебаний), однозначно ставится в соответствие одной из этих элементарных клеточек. Полученная таким образом карта набора элементов звукового восприятия ограничена областью слышимости (фиг. 8).



Ф и г. 8. Звуковая карта на координатной плоскости (L , H).

Если исключить из акустической области области очень слабых звуков, сливающихся с шумовым фоном, область очень сильных звуков, обычно не воспринимаемых, а также области очень высоких и очень низких звуков, недоступных для музыкальных инструментов, то останется музыкальная область. Замкнутые кривые представляют собой кривые равного уровня акустической информации (см. фиг. 4), измеряемой количеством элементарных клеток $\Delta L \times \Delta H$ на единицу поверхности.

Верхняя граница области соответствует «насыщению» уха (около 110 дБ);

граница справа (высокие звуки) соответствует верхнему по высоте порогу слышимости (около 16 000 гц), расположенному на границе ультразвуковой области;

граница слева (низкие звуки) отделяет область слышимости от инфразвуковой области (около 16 гц);

наконец, граница снизу соответствует абсолютному порогу слышимости ($L_0 = 0$ единиц, именуемых «фонами»), который в значительной степени зависит от высоты H и достигает абсолютного минимума, несколько превышающего шум атмосферного фона. Как отмечалось в предыдущей главе, на основе второго принципа неопределен-

ности ($N \cdot \Delta f = \text{const}$) можно показать, что граница слева представляет собой прямую, наклоненную под углом -45° (при надлежащем выборе масштаба). Из рассмотрения звуковой карты видно, что это практически выполняется.

Вследствие квантования по уровню количество элементов набора ограничено и примерно равно 340 000, причем по мере приближения к центру звуковой карты, где слух является более острым, уровень квантования уменьшается, а плотность элементов увеличивается. В музыкальных и вокальных сообщениях практически почти не используются элементы, расположенные на границе и в прилегающей к ней области, т. е. элементы с очень малой амплитудой колебаний (очень слабые на фоне шума) или с очень низкой высотой (большие трубы органа). Таким образом, эффективные дифференциальные пороги, ограничивающие элементы звукового восприятия, по-видимому (см. гл. III), являются более узкими, чем границы, определенные при лабораторных исследованиях¹⁾.

На практике любой символ звукового сообщения содержит больше одного элемента звуковой карты (например, звук, извлекаемый из флейты). Каждый такой *символ* представляет собой комбинацию переменного числа элементов, т. е. клеток звуковой карты, расположенных на различных ординатах. Суперпозиция элементов одной высоты влияет на громкость основного элемента. Сразу видно, что число таких комбинаций очень велико (порядка 1000^{1000}). Множество элементов, содержащихся в одном временном кванте восприятия, составляет символ, или *спектр* кванта. Именно это множество в его целостности воспринимается ухом как *тембр* элементарного звука. Тембр — это восприятие спектра.

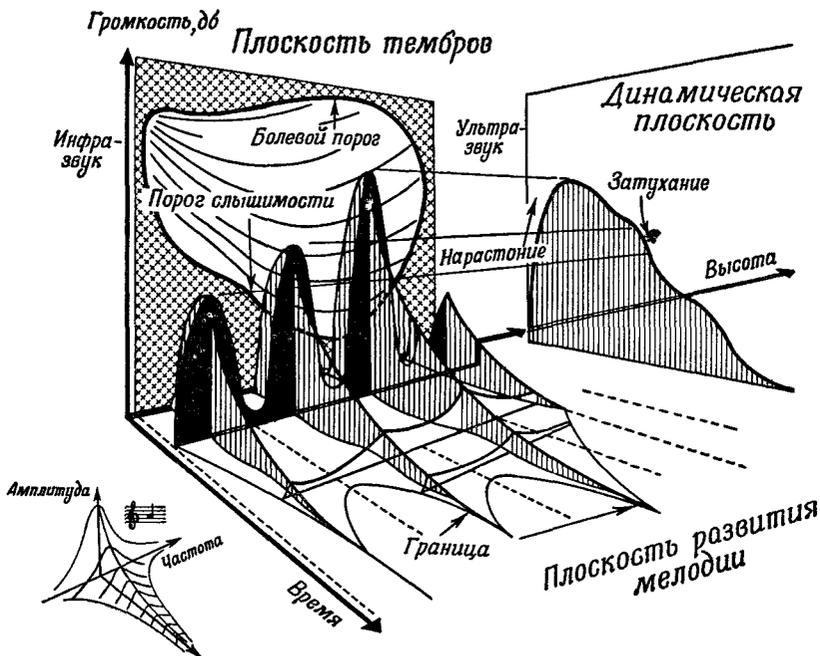
Таким образом, звуковая материя представляет собой изменяющийся во времени набор, и каждый различимый временной интервал соответствует «символу», который аналогичен фонеме разговорного языка. Звуковую материю можно изобразить в трехмерном пространстве координат L , H , t , которые определяют следующие три плоскости проекций (фиг. 9):

только что рассмотренную плоскость (L , H), которую мы вслед за Шейффером будем называть *гармонической*

¹⁾ Вместе с тем при исследовании слуха и зрения рядом авторов было установлено, что возможности распознавания образов человеком превосходят разрешающую способность глаза и уха, что объясняется формированием человеком некоторой гипотезы, по которой центральная нервная система обрабатывает данные при решении задачи; ср. [*III-25, *VI-6, *VII-20].— *Прим. ред.*

плоскостью или *плоскостью тембров*. Она определяет мгновенный спектр, составляющие которого обычно располагаются на непрерывной кривой (спектральные полосы или «гармоники» звука);

плоскость (L, t) , определяющую изменение средней громкости звука во времени, которое нетрудно найти при помощи эксперимента. Мы будем ее называть *динамической плоскостью*;



Фиг. 9. Геометрическое представление звукового объекта в пространстве трех измерений (L, H, t) .

В плоскости (L, H) мгновенный спектр звука проецируется на акустическую область. Совокупность положений этого спектра при изменении его во времени образует пространственную фигуру, характеризующую звуковой объект. Каждая часть этой фигуры, расположенная между плоскостями сечения, содержит один распознаваемый символ звука.

плоскость (H, t) , определяющую изменение составляющих спектра во времени. В этой плоскости следовало бы записывать *партитуру* музыкального произведения, поскольку составляющие ее нотные линии продолжают во времени¹⁾. Мы будем называть эту плоскость *мелодической плоскостью*.

¹⁾ На самом деле в плоскости (H, t) следует записывать лишь звуковысотную линию и ритм музыкального произведения, а не пар-

Для изучения изменения звуковой материи следует рассечь пространственную фигуру плоскостями, перпендикулярными оси времени и отстоящими друг от друга на квант восприятия (минимальное время восприятия θ), и исследовать образующиеся сечения.

Очевидно, что:

с одной стороны, такие сечения не имеют почти никакого значения для партитуры, если музыка не очень сложна (практически, если она имеет аккомпанемент или контрапункт);

с другой стороны, длительность многих важных музыкальных (и речевых) явлений близка к величине кванта восприятия (все резкие переходы в звучании инструмента, согласные звуки p, k, d, t, b , многие пиццикато и стаккато).

Практика показывает, что встречаются более длительные однородные структуры, которые необходимо исследовать в их целостном развитии, например в динамической плоскости. К числу таких структур относятся изолированное явление, аккорд в просторном зале с реверберацией и некоторые другие.

Если из записи музыкального произведения (например, из магнитофонной ленты) в случайно выбранных местах вырезать отрезки возрастающей длины, то на первый взгляд может показаться, что распределение длительностей распознаваемых структур будет идеально равномерным. В действительности же длительности частей, кажущиеся «автономными», «завершенными», «цельными», группируются с приблизительно гауссовым распределением около нескольких определенных значений (например, 1 сек) и, таким образом, объективно определяют *звуковые объекты*, обладающие своим собственным центром интереса.

Таким образом, в этой музыкальной материи последовательность форм *выявляет* приближительные единицы, иногда несколько двойственной природы, но операционно определяемые, и целью такого феноменологического анализа музыкальной материи является создание новой практической музыкальной единицы вместо «ноты», которую следует рассматривать как операционно неопределимую. Вследствие этого структурное исследование музыкальной материи распадается на исследование свойств нот и их соединений (сольфеджио и композиция). Аналогичным

титурю, так как последняя, кроме этого, включает в себя указание о тембре (инструменте), динамические и исполнительские указания и т. п.— *Прим. ред.*

образом происходит синтез музыки на электронной вычислительной машине, которая расчленяет звуковые объекты на элементы, трансформирует их, *препарирует* и соединяет в одно целое (см. [IV-33] и каталог пластинок [K-23])¹⁾.

§ 4. ЗВУКОВОЙ ОБЪЕКТ

В природе существует огромное число звуковых объектов, и в настоящее время разработаны различные экспериментальные методы выделения этих объектов и исследования их восприятия («репетитор» Винкеля [VI-22]). Традиционная музыкальная «нота» единственным образом определяла последовательность операций для ее воспроизведения на музыкальном инструменте, причем музыкальные инструменты являлись *механизмами для создания музыкальных тонов*, т. е. небольших временных интервалов, обладающих следующими свойствами:

а) внутренней *однородностью* относительно высоты и средней громкости;

б) *индивидуальностью*, обусловленной добавлением к основному звуку его «гармоник», т. е. смешиванием основной частоты с кратными ей частотами;

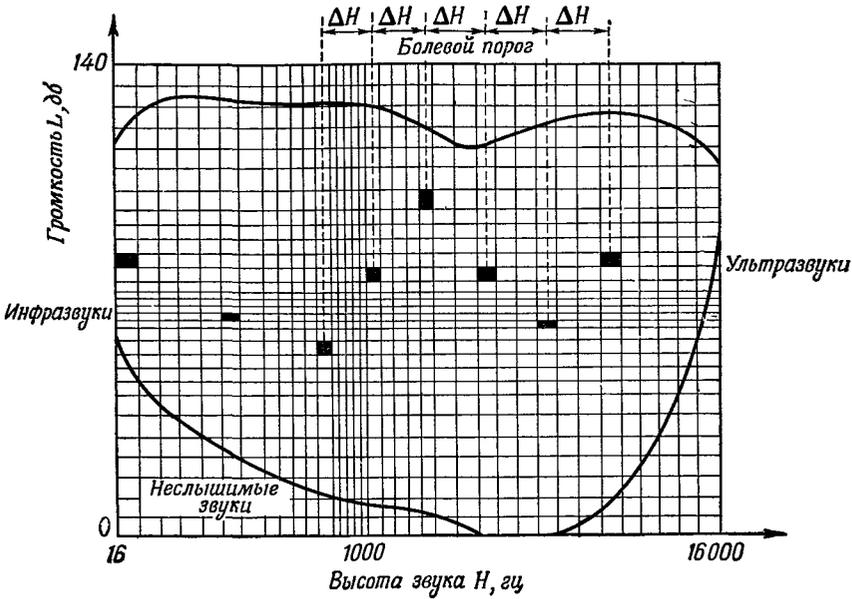
в) определенной *формой изменения* (развития) звуковых колебаний в динамической плоскости (сначала быстрое нарастание звука, затем пологий участок и быстрое затухание).

Так как каждый музыкальный инструмент позволяет воспроизвести определенное семейство звуков (или «символов»), то задача оркестровки состоит в надлежащем соединении этих семейств при помощи «сложных нотных знаков» (обычно обозначающих аккорды), которые на языке операционной теории называются звуковыми объектами. При одновременном использовании нескольких музыкальных инструментов, подобно тому как это делается в оркестре, характер звучания каждого инструмента в известной мере теряется в более сложном единстве высшего порядка, но нам представляется возможным сформулировать критерии оценки качества звучания для звуковых объектов в общем случае аналогично таким же критериям для нот, которые можно рассматривать как частный случай звуковых объектов.

Прежде всего на основе *квантования* звукового объекта во времени в соответствии с идеями теории информации

сформулируем гармонические и мелодические законы для рассматриваемой структуры, вытекающие из самых общих принципов.

I. *Гармонические законы*, определяющие построение символов из элементов и указывающие принципиальные ограничения, которым должны подчиняться их сочетания (фиг. 10).



Ф и г. 10. Иллюстрация закона гармоник.

Расстояния по оси абсцисс между одновременно выбранными элементами приблизительно равны

Первый гармонический закон. Каждая «клетка», представляющая собой чистый элементарный звук, характеризуется определенной энергией, зависящей от положения ее на звуковой карте и равной $A^2\omega^2$, или $(\log^{(-1)}L \times \log^{(-1)}N)^2$, с точностью до произвольной постоянной.

Совокупность энергий одновременно используемых клеток характеризует энергию источника звука. Если эта энергия сильно ограничена, например в случае инструментов для исполнения классических музыкальных произведений, то невозможно получить символы, *одновременно* использующие большое число клеток (элементов чистого звука). В каждый данный момент времени звук

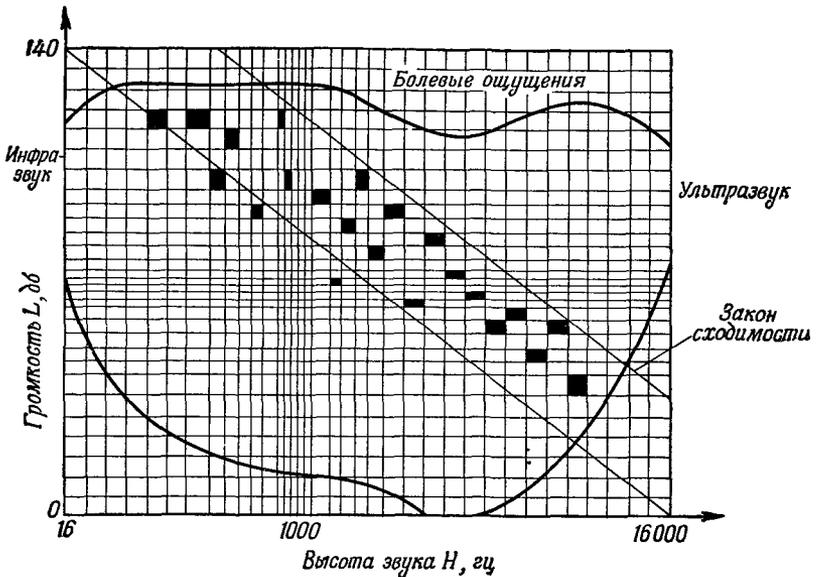
будет содержать лишь ограниченное число таких клеток. В этом случае реализовать белый шум с очень широким спектром можно только статистически, т. е. с большой частотой и случайным образом возобновляя в пределах кванта восприятия (т. е. не независимо) выбор элементов так, чтобы все элементарные клетки на протяжении кванта восприятия использовались с одинаковой вероятностью. Так как каждый элемент оставляет след в сознании на время кванта восприятия, то кажется, что все они одновременно присутствуют в символе.

Второй гармонический закон. Многие источники звука представляют собой более или менее сложные *колебательные системы*, даже если они и не обладают той простотой, которая характеризует составные части музыкальных инструментов, где источник звуковой энергии сосредоточен в одном каком-либо материальном теле (струна, столб воздуха и т. п.). Спектр, или множество одновременно используемых элементов, не может выбираться в них произвольным образом, их выбор подчиняется статистическому *закону гармоник*, который утверждает, что частоты элементов (составляющих) должны быть приближенно кратны основной частоте. Другими словами, разность между высотами (или абсциссами на фиг. 10) элементов звуковой карты кратна основной высоте. Эта закономерность, устраняющая произвол в выборе элементов и ограничивающая формы тембра, свидетельствует о значительной избыточности и наличии периодичности в форме звукового сигнала. Таким образом, мы здесь встречаемся с приложением результата, полученного нами в гл. II, § 6: $A_n = KA_m/n$.

Третий гармонический закон — закон сходимости — следует из общих свойств ряда Фурье, при помощи которого можно представить произвольное колебание с ограниченной энергией. Такой ряд, устанавливающий однозначное соответствие между спектром и формой сигнала, сходится только при условии (которое в нашем случае, очевидно, выполняется), что амплитуда составляющих (или гармоник), начиная с некоторого n , убывает не медленнее, чем $1/n$ (n — порядок гармоник). Таким образом, на звуковой карте все клетки используемых элементов, начиная с некоторой высоты, расположены ниже прямой с наклоном -45° . Этот закон независимо от нас был сформулирован Фано (фиг. 11).

Четвертый гармонический закон — закон маскировки — следует из того, что несколько звуковых квантов с одинаковой высотой не могут существовать одновременно, не смешиваясь. Например, сумма

двух элементов: $H = 1000$ гц, $L_1 = 60$ дб и $H = 1000$ гц, $L_2 = 50$ дб — приблизительно соответствует элементу $H = 1000$ гц, $L \approx 63$ дб. Если высоты двух различных составляющих совпадают с точностью до дифференциального порога высоты (например, 1000 и 1005 гц), то возникают биения, или периодические вибрато, воспринимаемые только при достаточно близких амплитудах и достаточно большой продолжительности колебаний.



Ф и г. 11. Иллюстрация закона сходимости.

Начиная с некоторой высоты, элементы располагаются ниже прямой, параллельной диагонали прямоугольника L, H .

Этот закон определяет максимальное число различных элементов на звуковой карте, или максимальное число различных (т. е. превосходящих дифференциальный порог) уровней высоты в акустической гамме (около тысячи элементов в одном минимальном интервале времени).

Рассмотренные четыре «гармонических закона» в самом общем случае определяют выбор элементов мгновенного тембра и ограничивают эффективный набор символов звукового сообщения. В частности, если в качестве звукового сообщения используется речь, то эти законы определяют структуру фонетических элементов. В этом случае звуковому объекту сообщения соответствует «фонема».

Четвертый из этих законов (закон маскировки) носит ограничительный характер и определяет верхнюю границу области, в которой расположены элементы «мгновенного символа», или мгновенного спектра звукового объекта. Другими словами, он определяет мажоранту набора тембров. Если количество различных уровней высоты равно 1000, то мажоранта имеет порядок $1000!$, или 10^{2560} (8200 бит).

II. Наряду с гармоническими законами существуют *мелодические законы*, основанные на внутренней однородности звука и определяющие изменение во времени символов звукового сообщения.

Первый мелодический закон устанавливает повторяемость символов во времени. Атомистическое описание звуковой материи не предполагает какой-либо «памяти» у символов относительно друг друга, или автокорреляции последовательности символов. Некоторые сообщения (например, шум от падения дождевых капель на оконное стекло) свидетельствуют о том, что *принципиально возможны* некоррелированные последовательности звуковых символов. С другой стороны, в пространственной фигуре, представляющей некоторый звуковой объект, сечения, разделенные интервалом задержки слухового восприятия, не независимы, они коррелированы, т. е. связаны между собой. Их изменение во времени свидетельствует о наличии «памяти», хранящей тембры предшествующих символов. Каждый символ обусловлен предшествующими символами, причем изменение символов во времени связано с существующим в природе рассеянием энергии колеблющимся телом. Это рассеяние энергии позволяет отличить звуковой объект от шума, создает внутреннюю связь и однородность и, следовательно, уменьшает информацию, которую он передает, делая ее понятной, иными словами, распознаваемой как образ.

Таким образом, «символ не может значительно отличаться от непосредственно ему предшествовавшего символа», т. е. символы коррелированы между собой. Проведенный статистический расчет автокорреляции символов звукового объекта [IV-17] подтвердил справедливость этого закона для самых различных видов звуковой материи. Эти измерения показали, что при интервале корреляции, большем 100 миллисекунд, коэффициент корреляции обращается в нуль вследствие возникновения существенно различающихся символов и уничтожения связности их временной последовательности.

Второй мелодический закон. Займемся более глубоким исследованием структуры звуко-

вого объекта. Рассмотрим вопрос о *степени зависимости* последовательных символов. В интервале длительности звукового объекта следует различать интервалы двух родов, которые мы будем называть *установившимся периодом* и *переходным периодом*. Это разделение не является произвольным, оно основывается на законах восприятия ухом изменений громкости звука. На основании экспериментов, описанных в диссертации автора [IV-17], можно ввести следующие понятия:

«переходный период» — интервал, на котором скорость изменения громкости звука больше 150 *дб/сек* (в музыке до 600 *дб/сек*). В качестве примера можно назвать длительность звучания согласного звука речи или резкий переход в звучании музыкального инструмента;

«полуустановившийся период» — интервал, на котором громкость звука изменяется со скоростью от нескольких десятков до 150 *дб/сек*. В качестве примера можно назвать звучание полугласных звуков речи;

«установившийся период» — интервал, на котором скорость изменения громкости звука меньше 10 *дб/сек*.

Установившийся период соответствует пологому участку изображения звукового объекта на карте и составляет большую часть его длительности. Этот период характеризуется незначительным изменением от символа к символу (вibrато) и большой их корреляцией; в этом случае изменение звуковой материи подчиняется определенным закономерностям. В фонетике понятие установившегося периода соответствует давно существовавшему понятию чистого гласного звука, в классической музыкальной акустике — понятию «чистой ноты неограниченной длительности». Количество звуковых элементов, соответствующих этому периоду, сравнительно невелико, и их средняя плотность очень мала (от 20 до 100).

Переходный период, как правило, составляет незначительную часть длительности звукового объекта, хотя существуют звуковые объекты, целиком состоящие из переходов. В общем случае звуковой объект имеет по крайней мере два переходных периода — в начале и в конце интервала его длительности. Переходный период представляет собой последовательность очень большого числа элементов (количество элементов возрастает с уменьшением продолжительности переходного периода); он связан с последующим (или предыдущим) установившимся периодом таким образом, что элементы, характеризующие этот последний, постепенно вытесняют другие многочисленные элементы переходного периода, и вследствие *очищения их и фильтрации* в конце концов остаются

только элементы установившегося периода. Если количество последних обозначить через N , то второй мелодический закон можно сформулировать следующим образом: среднее число N_t элементов переходного периода прямо пропорционально числу элементов установившегося периода N и обратно пропорционально длительности $\Delta\theta$ переходного периода:

$$N_t = K \frac{N}{\Delta\theta} .$$

Рассмотренные закономерности позволяют дать операционное определение внутреннего строения звукового объекта, они выделяют его из непрерывной последовательности и обязывают нас распознавать его в качестве средоточия нашей заинтересованности. Возможность проведения разнообразных опытов над изолированными звуковыми объектами возвращает нас к использованию методов экспериментальной эстетики, аналогичных тем, которые применяются к пятнам Роршаха, и противоречащих традиционным методам музыкознания, для которых существовали только целые совокупности звуковых объектов. Осознание восприятия такого изолированного звукового объекта и вызываемые им образы в зависимости от сознательной или подсознательной подготовки индивидуума дают нам в руки объективный звуковой тест, эффективность которого уже была проверена [VII-14].

Если рассматривать изолированный звуковой объект, которому предшествует и за которым следует неограниченная во времени тишина, то необходимо исследовать его внутреннюю структуру. Такое изолированное рассмотрение предполагает нахождение всех параметров звукового объекта, начиная с обнаружения его в качестве средоточия нашей заинтересованности в непрерывной звуковой последовательности. Особенно существенным оказывается и восприятие его *длительности* в качестве автономного параметра, не зависящего от положения звукового объекта в пространстве. Благодаря звуковому объекту материализуется автономное восприятие длительности и обнаруживается логарифмический закон, указанный в гл. I, § 3. Таким образом, звуковой объект существенным образом характеризуется тремя параметрами (координатами):

громкостью, выражаемой логарифмом интенсивности звуковых колебаний;

высотой, выражаемой логарифмом частоты звуковых колебаний;

длительностью, выражаемой логарифмом продолжительности звуковых колебаний.

Интересно отметить однородный характер всех трех параметров.

Наличие «центра заинтересованности» приводит к нарушению равнозначности моментов времени и к «поляризации» длительности, создает психологическое состояние, в котором возможно ощущение длительности. Отметим, что это противоречит непрерывному характеру временной материи в целом, длительность которой превышает время восприятия, приводящее, как мы видели, к насыщению за промежуток времени от 5 до 10 сек. Физическое метрическое время служит нам системой отсчета для оценки движения звуковой материи и позволяет рассчитывать это движение на составные части. Длительность, напротив, психологически воспринимается как нечто неделимое; она является параметром ощущения.

Приведенные рассуждения в первую очередь относятся к изучению изолированных звуковых объектов, которое может интересовать, например, создателя музыкальных инструментов, звукооформителя, психолога. Цель этих рассуждений состоит в обосновании научного метода рассуждения изолированных звуковых объектов, аналогичного методу скульптора или декоратора, которые располагают мрамор на фоне черного бархата с целью привлечения к нему внимания и выделения его из совокупности других объектов.

Основным предметом нашего исследования является звуковое сообщение во всей его полноте, т. е. изменение во времени организованной последовательности временных объектов, составляющих музыкальную композицию. Изучение этих временных связей должно проводиться аналогично тому, как выше были исследованы некоторые закономерности структуры элементарного звукового объекта на основе экспериментального исследования такого первичного понятия, как *нота*. Первоначально нота, по-видимому, связывалась со звучанием музыкального инструмента, на котором ее получали. Поскольку речь шла о единичном инструменте, это соответствие было однозначным, и нота являлась внутренней характеристикой звукового объекта. Она отождествлялась со звуковым объектом, а мелодия рождалась из соединения нот во временной последовательности. Но понятие ноты пережило те условия, в которых оно родилось, стало более условным и превратилось в одно из средств музыкальной записи. В настоящее время в оркестровой музыке любая взятая отдельно нота музыкального инструмента, например флейты, не имеет самостоятельного значения. Она может определять только порядок вступления флейты и, за

исключением случая солирования инструмента, почти растворяется в общем звучании оркестра.

В связи с этим замечанием возникает важный с эстетической точки зрения вопрос о *значении партитуры*. Если партитура является операционной схемой, то она предназначена исключительно для исполнителей, а не для слушателей. Последние, читая отрывки партитуры с целью выяснить, *как был создан* воспринимаемый ими эстетический объект, могут прийти только к эстетически бессмысленным выводам. Источником такой часто возникающей бессмыслицы, как автор показал в ранее опубликованной работе [VII-4], является смешение понятий *функциональной схемы* и *схемы реализации*. Известно, что часто пользующиеся телефоном деловые люди, как правило, не имеют никакого представления об электрических схемах телефонной сети, которые интересуют только монтера, и даже сама мысль о том, что для пользования телефоном надо знать его устройство, показалось бы им нелепой. Точно так же пассажир автомобиля не обязательно должен разбираться в автомеханике. Или еще пример из области, более близкой эстетике. Критики не раз опровергали мнение, что для понимания произведения изобразительного искусства надо знать технику и приемы живописи. Разумеется, не следует считать, что это вредно или просто бесполезно; правильное было бы сказать, что это не обязательно и имеет лишь вспомогательное значение. Художественный факт *автономен*, он не зависит от техники реализации. Можно познать его структуру, но априори ничто не указывает на то, что эта последняя связана с техникой создания художественного произведения.

Отметим на всякий случай, что злоупотребление партитурой (хотя бы под предлогом справок) происходит, по видимому, по двум причинам:

первая причина (носящая исторический характер) состоит в том, что, хотя в настоящее время музыка пишется для того, чтобы ее слушали, в прошлом (грегорийанские песни, камерная музыка) она писалась для того, чтобы ее играли, так как каждый из присутствовавших участвовал в коллективном исполнении;

вторая причина состоит в том, что до настоящего времени не разработано метода реального представления эстетической структуры воспринятого музыкального сигнала, хотя многочисленные робкие попытки создания такого метода уже имелись.

Можно ожидать, что такое положение вещей изменится в результате последних достижений в решении проблемы зрительного представления звукового объекта или речи

«сонограф» или «видимая речь» [III-12])¹, и искусствоведы получают в свое распоряжение наглядное цветное изображение звуковой материи во всей ее полноте, ни в какой мере не связанное с операционной схемой исполнения музыки. Как бы то ни было, но уже первые шаги в этом направлении позволили сделать определенный вывод о том, что операционная схема не может использоваться в качестве реальной эстетической структуры [IV-35].

Перейдем к более детальному феноменологическому исследованию звуковой материи независимо от соответствующей ей партитуры. То, что воспринимает в симфонической музыке человек, не имеющих музыкального образования (к этому типу принадлежат, например, многие радиослушатели), представляет собой не последовательность нот, а последовательность взаимосвязанных и переплетенных друг с другом звуковых объектов, составляющих элементарные ячейки, музыкальные фразы, движения мелодий и отрывки музыкальных произведений. Действительно, по сложному звуку, который воспринимает слушатель, он не может сказать, что, например, 13-я гармоника обязана своим происхождением гобою, а 22-я — виолончели и трубе. Все это, возможно, интересует музыканта и изготовителя музыкальных инструментов, но не слушателя или, во всяком случае, играет второстепенную роль в его восприятии симфонического произведения. С этой точки зрения самостоятельный звуковой объект не зависит от способа его создания.

Музыка создала набор звуковых объектов, каждый из которых оценивался с точки зрения сочетания музыкальных инструментов, причем устройство последних выбиралось таким образом, чтобы усиливать звуковые колебания в различных материальных средах. Этот набор с точки зрения тембра, громкости и диапазона высот ограничен возможностями обычных музыкальных инструментов. Каждый из таких элементов, как струна, столб воздуха, мундштук, резонатор и мембрана, имеет свой регистр и определенную индивидуальность, однако почти все объекты из мира звуков традиционной музыки группируются вокруг всего лишь дюжины основных тембров. Эти тембры нашли замечательное применение в классической музыке, но уже со времен Вагнера дирижеры и композиторы начали жаловаться на бедность и ограниченность классического

¹ «Видимая речь» (Visible speech) — электронный прибор, представляющий изменение трех параметров звука (высота, относительная амплитуда, время) в виде непрерывного зрительного изображения, широко используется для исследования спектров звуков речи, начиная с 1946 г. — *Прим. ред.*

симфонического оркестра, несмотря на новые возможности, открытые в музыке Стравинским и Равелем.

Запись, материализующая звуковой объект и позволяющая по желанию воспроизводить его, как в музыкальном инструменте, не знает принципиальных качественных различий между звуковыми явлениями внешнего мира; все они могут быть записаны и все одинаковым образом могут быть затем проиграны перед слушателем. Мы знаем, однако, что область звуковых явлений весьма обширна, во всяком случае, с точки зрения богатства выразительных средств, не идущего ни в какое сравнение с ограниченными возможностями обычных музыкальных инструментов, выбор которых определяется только тем, что их громкость достаточна для использования их в оркестре. Если такой «микрозвук» имеет большие возможности, чем, например, виолончель, и его можно осуществить, то почему бы не использовать все звуковые объекты, как это происходит в классических музыкальных инструментах. Именно по этой линии шло создание экспериментальной музыки, где используются любые звуковые объекты и возникает музыка, в которой существуют только противопоставления по длительности; на этой основе реализуется «самый общий из всех возможных музыкальный оркестр» (Шеффер). Работа в этом направлении уже дала некоторые результаты. Так, недавно была создана машина для синтеза звуковых объектов (Electronic Sound Synthesizer — электронное звуковое синтезирующее устройство [IV-33]), основанная на специальной классификации звуковой материи [IV-36] и предназначенная для реализации произвольных музыкальных объектов¹⁾. Создание такой машины на практике доказывает важность этого направления, особенно для распространения легкой музыки (см. Каталог пластинок).

§ 5 ПРОМЕЖУТОЧНЫЕ СТРУКТУРЫ

Схема музыкального сообщения, возникающая в результате анализа временной материи, рассматриваемой как последовательность звуковых объектов, приводит к упорядочиванию (в порядке возрастания количества элементов) форм, создающих избыточность музыкального сообщения и делающих его доступным для восприятия:

¹⁾ Советским инженером Е. А. Мурзиным создан фотоэлектронный оптический синтезатор звука (см., например, [*IV-77]); о работах по синтезу звука на электронных вычислительных машинах со звуковым выходом см. также [*IV-92, 108—119]. — *Прим ред.*

1. *Элементарные структуры* — временные формы, периодичность которых рассматривается как качественная характеристика временной материи. Они формируют *символы*, расположенные в интервале минимального времени восприятия.
2. *Микроструктуры* — последовательность элементарных периодических структур, образующих символы. Соединение символов образует мельчайший элемент восприятия — *звуковой объект*.
3. *Промежуточные структуры* — последовательности звуковых объектов длительностью порядка 0,5—1 *сек*, которые естественным образом распадаются на объекты восприятия в интервале запоминания звукового раздражения длительностью от 2 до 10 *сек*. Мы будем называть их *ячейками*.
4. *Макроструктуры* — структуры, масштаб которых равен масштабу всего музыкального сообщения, воспринимаемого как единое целое. Макроструктуры часто в значительной степени отличаются от замысла композитора и допускают различные толкования.

Не останавливаясь на макроструктурах, рассмотрение которых выходит за рамки имеющихся в нашем распоряжении логических приемов исследования, выясним роль промежуточных структур на основе введенного понятия *ячеек*.

Ячейка представляет собой систему звуковых объектов, при помощи определенного художественного приема связанных между собой и воспринимаемых как единое целое. Граница между двумя соседними ячейками является очень неопределенной и характеризуется *контрастом* эстетических приемов, которые создают внутренние связи в пределах каждой ячейки.

Длительность ячейки практически равна интервалу задержки звукового раздражения (5—10 *сек*). Поэтому можно сравнивать эстетическое восприятие ячеек, не исследуя процессов высшей *интеллектуальной* деятельности

человека (например, памяти). В музыке ячейка соответствует музыкальной фразе или определенной ее части. В разговорной речи она представляет собой стих или полустихшие, короткую фразу или предложение ¹⁾.

Таким образом, понятие ячейки является довольно расплывчатым. Ее экспериментальное исследование лучше всего проводить в динамической плоскости (L, t) (громкость в функции времени). Следует отметить, что на границе двух ячеек происходит значительное изменение громкости. Сравнительно просто изучать ячейки в разговорной речи, где их нетрудно выделить и исследовать с помощью метода инверсии и других аналогичных методов. Ячейку можно рассматривать как вид микромелодии в общей мелодической теме, характеризующую соответствующую макроструктуру. Исследование ячеек осложняется постоянным наложением друг на друга интеллектуальных параметров (понятность речи или мелодии) и собственно эстетических параметров. Поэтому, строго говоря, с точки зрения теории звуковых сообщений, которую мы здесь рассматриваем, было бы проще провести фонетическое исследование языков, неизвестных исследователю, чем известных ему языков, потому что в первом случае можно было бы избежать риска смешения разнородных факторов.

Для исследования ячеек воспользуемся методом *инверсии*, применение которого стало возможным благодаря звукозаписи и который уже неоднократно использовался нами в работах по экспериментальной эстетике. Практически инверсия осуществляется прокручиванием грампластинок или магнитофонной ленты в направлении, обратном направлению записи. Метод инверсии главным образом предназначен для разрушения обычных внутренних связей временного объекта и для его «остраннения» ²⁾. Инверсия времени разрушает временную субстанцию и создает новое *представление* звукового объекта.

Применение метода инверсии и некоторых других методов (ср. гл. V), таких, как метод разрезания записи на

¹⁾ Авализ синтагм в разговорной речи см. в работе [*VI-21]. — *Прим. ред.*

²⁾ Для перевода термина «étrangeté» (от фр. étrange — странный) здесь использован термин «остраннение» (от *остраннить* в смысле «сделать странным, заставить взглянуть по-новому»), введенный в том же значении в формальное литературоведение В. Б. Шкловским [*У-43]. Следует отметить, что теория остраннения В. Б. Шкловского и близкое к ней описание «эффекта отчуждения» у Б. Брехта [*У-74] могут быть истолкованы в духе теории информации, с точки зрения количества информации, содержащейся в сообщении. «Неостранненное» сообщение, которое заранее полностью известно и поэтому воспринимается автоматически, не несет никакой информации. — *Прим. ред.*

части, длина которых либо случайна, либо равна длине ячейки, метод простого повторения и т. п., показывает следующее:

1) При надлежащем разрезании ячейка является целостным временным объектом, из которого можно создать периодическую тему. Многократно воспроизведенная запись такой ячейки на кольцевой магнитофонной пленке с короткой паузой между началом и концом записи создает впечатление периодичности без психологического ощущения резкого перехода.

2) Среди художественных приемов, образующих внутреннюю связь звуковых объектов ячейки, особое значение имеет ритм, исследование которого как формы звукового сообщения проведено в гл. II. Ритм упорядочивает элементарные звуковые объекты, делая длительность каждого из них кратной особой ритмической единице длительности.

3) Следующим по значению приемом, характеризующим связь звуковых объектов ячейки, является *фуга*, определяющая изменение во времени (часто сравнительно быстрое) повторяемого звукового объекта на всем интервале длительности ячейки.

Исследование звуковых ячеек затрудняется тем, что они не имеют четких границ и их длительность изменяется случайным образом; иногда ячейку невозможно выделить внутри более богатого звукового объекта или фрагмента макроструктуры. Кроме того, результаты исследования могут быть проверены только статистически. При такой статистической проверке можно использовать систематическую классификацию звуковых объектов и ячеек на основе экспериментально составленного «словаря критериев»; данные классификации могут быть записаны на перфокартах и храниться в специальных картотеках, что позволяет осуществлять выбор данных, характеризующихся некоторой совокупностью признаков, с помощью обычных методов классификации [IV-37]. Мы ограничимся этими краткими замечаниями о ячейках в музыке, исследование которых до настоящего времени было менее плодотворным, чем исследование ячеек разговорной речи, легче поддающихся определению.

§ 6. ВЫВОДЫ

В этой главе мы для исследования звуковой материи применяли так называемый метод *образных вариаций* (*variation éidétique*). Исходя из *определенной точки зрения*, вытекающей из теории информации, мы пытались найти «образ»

звукового явления, как можно более далекий от традиционного, и восстановить присущую этому явлению «странность» (*étrangeté*), которую оно утратило в наших глазах из-за того, что мы слишком привыкли смотреть на него с точки зрения физики и теории музыки.

В этом плане мы рассмотрели звуковое явление как сообщение и сначала изучили строение его элементарных составных частей, а затем развили теорию синтеза структуры сообщения из изолированных временных элементов.

В отличие от традиционного метода исследования, при котором периодичность (установившиеся колебания) рассматривается как самое существенное в явлении, в то время как остальные стороны явления представляются лишь как дополнительные оттенки, применяемый нами метод позволяет провести грань между *необходимым*, или сущностью явления (например, гармонические законы), и *случайным* (например, более или менее идеальная периодичность).

Перечислим основные результаты этой главы в порядке их получения:

1. Исследование музыкальных сообщений с позиций научной эстетики не может опираться на *теорию музыки*. Ее несостоятельность показали сами музыковеды, и ее догматы противоречат результатам экспериментальной психологии ¹⁾.

2. Феноменологическое исследование музыкального восприятия делает очевидным существование *временной звуковой материи*, воплощением которой является звукозапись, превращающая ее в объект, доступный наблюдению.

3. Запись представляет собой отображение времени на пространство, в результате которого время приобретает такие свойства последнего, как возможность воспроизведения, постоянство, обратимость и делимость.

4. Звуковую временную субстанцию можно представить в виде фигуры в трехмерном пространстве (громкость, высота, время), определяющей изменения тембра (спектра) во времени.

5. Непрерывная звуковая субстанция с помощью определенных операций может быть разделена на *звуковые объекты*, обладающие самостоятельным центром интереса, благодаря чему, если эти объекты изолированы от других, происходит непосредственное восприятие длительности как параметра звукового объекта.

6. Согласно теории передачи сообщений, звуковой объект состоит из символов, каждый из которых в свою

очередь представляет собой комбинацию элементов (L, H). Для структуры символов установлено шесть законов:

четыре гармонических:

- 1) закон энергии,
- 2) закон гармоник,
- 3) закон сходимости,
- 4) закон маскировки

и два мелодических:

- 1) закон установившегося периода,
- 2) закон переходного периода.

7. Звукозапись разрушает непосредственную связь звукового объекта с первоначальным источником его возникновения. Априори нет оснований считать, что в музыке, основанной на противопоставлении звуковых объектов по длительности, должны использоваться только элементы, воспроизводимые на обычных музыкальных инструментах. Напротив, как показали первые шаги экспериментальной музыки, в «самом общем из возможных оркестров» можно использовать любые созвучия и любой шум.

8. Партитура представляет собой только операционную схему и не имеет существенного эстетического значения. Она сама по себе непосредственно не раскрывает основных структур музыкального сообщения.

9. Структуры звукового сообщения подразделяются на *элементарные* — периодические структуры, формирующие символы (или мгновенные спектры);

микроструктуры — последовательности символов, образующих звуковой объект;

промежуточные структуры — последовательности звуковых объектов, объединенных в соответствии с известными художественными приемами и образующих ячейки;

макроструктуры — соединения звуковых объектов и ячеек.

10. В общем случае понятие ячейки является довольно расплывчатым и ее исследование сопряжено с большими трудностями. Исключение составляет случай фонетического исследования поэтической речи, в которой ячейка соответствует стиху и может быть легко определена. Для определения ячейки предложено несколько методов (метод инерсии, метод разрезания и т. п.).

Исследование макроструктур, которое мы проведем в следующей главе, потребует обобщения некоторых основных понятий теории информации, чтобы устранить один парадокс, непосредственно возникающий из самого понятия оригинальности.

V. Информация семантическая и информация эстетическая ¹⁾

„Вопрос не в том, какой код мы должны использовать, а в том, какой код мы используем“.

Н. ВИНЕР

§ 1. ОБ ОДНОМ КАЖУЩЕМСЯ ПАРАДОКСЕ ТЕОРИИ ИНФОРМАЦИИ

В гл. I были изложены основы теории. Там мы определили сообщение как последовательность элементов набора, несущих информацию, пропорциональную относительной оригинальности сообщения, т. е. его непредвиденности, непредсказуемости по сравнению с максимально возможным значением оригинальности, достигаемым в том случае, когда все элементы набора равновероятны.

¹⁾ Понятие семантической информации, вводимое в этой главе, совпадает с обычным пониманием информации (по Шеннону), тогда как под эстетической информацией имеется в виду информация, определяемая по отношению к некоторому отступлению от нормы (см. Послесловие редакторов). Семантическая информация в таком ее понимании отличается от семантической информации в понимании Карнапа и Бар-Хиллела, в теории которых была дана попытка выяснить возможности количественного исследования информации, связанной с содержанием сообщений (см., например, [*I-17]).— *Прим. ред.*

Оригинальность уменьшается с увеличением избыточности — величины, характеризующей влияние внутренней организации сообщения. Предполагается, что внутренняя организация известна одновременно и передатчику; в более общем случае, при передаче естественных сообщений, эта внутренняя организация известна приемнику априори. Полная избыточность представляет собой случайное выражение суммы априорных знаний относительно сообщения, которым обладает приемник. Избыточность противостоит информации в диалектической паре банальность/оригинальность, но именно благодаря избыточности, создающей внутреннюю организацию, сообщение становится понятным.

Наконец, мы видели, что переданная информация и избыточность сообщения зависят от набора *символов*, интересующих получателя, причем символами здесь называются совокупности определенного вида, известные адресату (приемнику) априори. Примером символов могут служить печатные буквы, представляющие собой неизменные общепринятые топологические сочетания ¹⁾. Информация, которую несут буквы, — это информация о присутствии или отсутствии буквы как целого, и получатель не интересуется подробностями сочетания отдельных штрихов внутри буквы. В этом случае фактическим набором является набор печатных знаков, и информация, относящаяся к этим буквам, вычисляется исходя из этого набора. Аналогично буквы могут быть сгруппированы в слова, каждое из которых в своей целостности можно рассматривать как *форму*; набором в этом случае является набор слов (образующих словарь или, точнее, запас *употребляемых* в речи слов, которыми приемник в действительности располагает); информация и избыточность сообщения, составленного из связанных между собой слов, определяются поэтому формальными правилами, описывающими структуру организации сообщения, например грамматическими правилами и т. п.

Таким образом, одна и та же страница печатного текста представляет различные наборы и обладает различной информацией для неграмотного или ребенка, «читающих» яркие пятна, образующие на листе причудливые рисунки, для типографского корректора или не знающего языка иностранца, читающих буквы, для обычного читателя, который читает слова, и для верстальщика в типографии,

¹⁾ В опытах по автоматическому распознаванию букв установлено, что буквы различаются между собой не только топологическими характеристиками; иначе говоря, чисто топологические методы не позволяют полностью решить эту задачу. — *Прим. ред.*

который «читает» блоки из букв. У каждого из них свой набор, каждый находит там свою избыточность и свою оригинальность, зависящие от его познаний, умственного развития и образования. На деле всякий раз, когда мы говорим об информации, содержащейся в рукописном или печатном тексте, мы подразумеваем информацию, которую извлекает средний «читатель», читающий слова и связывающий их друг с другом в зависимости об общего запаса знаний, который мы предполагаем у людей, принадлежащих к определенной социальной группе со статистически примерно одинаковым культурным уровнем. Конечно, читатель реагирует на полиграфические особенности текста; изменение «кегля» (роста) буквы он воспринимает как своеобразный сигнал, но он относит его к ошибкам передачи. Точно так же изменение «гарнитуры» (стиля) шрифта дает ему информацию о некоторой *другой* задаче, не относящейся, собственно говоря, к чтению.

Что же произойдет, если человек — приемник информации в результате повышения своего культурного уровня и образования или по другим причинам будет приобретать все более и более глубокие и обширные знания о сообщении, которое ему передают, о видах структурной связи, об употребляемых символах, частоте их повторения и т. д.? Лично для него оригинальность сообщения уменьшится настолько, что количество передаваемой ему информации станет очень малым: избыточность будет стремиться к 100%.

Однако как раз в случае художественных сообщений, обращенных к целой общественной группе, у каждого принимающего индивидуума имеется своя собственная личная «таблица» знаний (социально-культурная таблица), определяющая, какую информацию он извлекает из сообщений, полученных из внешнего мира или от других людей. В предельном случае, когда приемник обладает полным знанием *всех* свойств сообщения, которое ему будет передано, другими словами, если он «знает» сообщение априори, полученная информация равна нулю, а ее избыточность равна 100%, т. е. сообщение не представляет интереса, оно банально (примером этому могут служить виньетки на почтовых марках). Это вполне логично и очевидно.

Но нам известно, что все множество, известное априори, образует символ, определенную форму, которую можно *закодировать*, т. е. сжать в самое короткое сообщение. Из этого сообщения могут быть исключены все избыточные элементы (телеграфный стиль), или даже все сообщение

может быть заменено условным знаком, *настолько кратким, насколько это допускает условие, чтобы данное сообщение в целом можно было отличить от остальных.* Так обстоит дело с шифрами книг в библиотеке.

Но есть и много других способов кодирования сообщений, относящихся к разным областям культуры: например, сообщается заглавие произведения, название симфонии или обозначение ее первых тактов, первые строки стихотворных произведений (многие каталоги стихов состоят только из первых строк стихотворений). И можно быть уверенным, что, хорошо зная сообщение в целом, как это обычно и имеет место в случае художественных произведений, нам достаточно, например, вспомнить первую строку стихотворения Гейне, чтобы автоматически воспроизвести его целиком. Точно так же для слушателя, хорошо разбирающегося в музыке, уже одно название симфонии целиком ее характеризует: все развертывание симфонии во времени для него полностью определяется ее названием. Если слушатель знает наизусть некоторые отрывки этой симфонии, то первые такты такого отрывка необходимым образом определяют и его конец. Точно так же название книги определяет ее содержание, если книга известна читателю. Должны ли мы утверждать, как это может показаться на первый взгляд, что полученная нами информация в таких случаях равна нулю, поскольку «мы ее уже знаем», и что совершенно излишне передавать сообщение, которое нам ничего не сообщает,— оно же банально? Иными словами и выражаясь более точно, нельзя ли заменить симфонию ее заглавием, если симфония нам известна? Не эквивалентна ли первая строка стихотворения всему стихотворению, если мы знаем его наизусть, и почему мы ходим в театр смотреть, как играют «Сирано де Бержерака», если мы уже знаем эту пьесу?

Совершенно очевидно, что парадокс этот только кажущийся и что мы *не располагаем* всей информацией, которая подразумевается в заглавии произведения, если даже нам известны в нем все слова или все такты.

Исходя из этого очевидного утверждения, интересно было бы уточнить, чего же в самом деле не хватает в одном таком символе для того, чтобы можно было восстановить всю вещь в ее полноте, и почему, например, обладание пластинкой с записью музыкального произведения еще не равносильно ее прослушиванию. Зачем утруждать себя и в тысячный раз идти смотреть «Джоконду» в копии или в подлиннике, ведь подлинник несет столько информации, сколько ее может нести сообщение, известное априори,—

сообщение, относящееся к числу произведений культуры? Каким образом можно с точки зрения психологии восприятия определить реакции на такое сообщение, если оно уже известно заранее?

§ 2. СУЩЕСТВОВАНИЕ ДВУХ ВИДОВ ИНФОРМАЦИИ

Когда человек перечитывает известную книгу, будь он даже ее автором, или вновь прослушивает симфонию, мелодии которой он помнит наизусть, будь он даже дирижером оркестра, — все равно он, очевидно, никогда не обладает настолько точными, настолько детальными, настолько совершенными знаниями о сообщении, чтобы он не мог извлечь из сообщения абсолютно ничего нового, чтобы сообщение было для него полностью банальным. Он всегда найдет, что почерпнуть из сообщения, всегда сможет использовать некоторую остаточную информацию, так как человеческая память не может хранить во всей полноте сколько-нибудь длинное сообщение: эту точку зрения подтверждает пример с автором, который, перечитывая свое произведение, каждый раз находит в нем незнакомые фразы. Здесь налицо процесс постепенного исчерпывания приемником содержащейся в сообщении информации: процесс этот связан с емкостью памяти и полным объемом восприятия приемника, которые всегда ограничены. Но это утверждение еще не решает проблемы.

С одной стороны, объем информации, которую могут запомнить различные индивидуумы, меняется в очень широких пределах — от простейшего случая, когда ребенок «узнает» басню, прочитав ее один раз, до более сложных, когда, например, актер способен запомнить десятки страниц текста. Очевидно, есть такие люди, которые по культурным или иным причинам стремятся все время заново воспринимать сообщение, относящееся к произведениям культуры, чтобы наконец исчерпать его. Если театральная пьеса, которая нравится кому-либо, такова, что ее можно выучить наизусть, то зачем же еще раз идти и смотреть, как играют эту пьесу?

С другой стороны, имеется много таких сообщений, принадлежащих к области культуры, которые достаточно кратки, чтобы уместиться в памяти, каким бы ограниченным ни был объем нашей оперативной памяти по отношению к сигналам (вопроса о фактическом объеме памяти мы здесь касаться не будем). Цитаты, короткие стихки, ходячие выражения, пословицы не обязательно становятся банальными просто потому, что они известны.

Итак, оказывается, что идея *исчерпывания* информации еще недостаточна, чтобы объяснить стремление к повторному восприятию эстетических сообщений; ведь мы жаждем повторения именно эстетических сообщений, а не последних известий по радио, интерес к которым проходит после того, как само событие миновало.

Это было бы верно в случае, когда, слушая радио, человек не вполне хорошо «понимает» последние известия и испытывает потребность прослушать их еще раз или когда, читая газету, он перечитывает неясную или слишком сложную статью, чтобы уяснить себе смысл каждого слова и всех понятий, передаваемых словами (ср. тексты 6 и 7 с последовательно увеличивающимся объемом информации в гл. I, § 5). Но эта идея, очевидно, недостаточна, когда сообщения банальны по содержанию (например, тексты 2, 3 и 5) или, напротив, когда уже превышен допустимый в языке уровень информации (например, тексты 8 и 9), хотя это еще не обязывает читателя перечитывать сообщение тысячи раз, чтобы понять его. Другими словами, эта идея недостаточна, когда очевидно, что человек-приемник ищет в сообщении не логическую информацию, а *эстетическую оригинальность*.

Таким образом, мы приходим к выводу, что для заданной совокупности сообщений существуют две точки зрения на сообщение, соответствующие двум типам информации:

— *семантическая точка зрения*, в соответствии с которой в сообщении выделяется логическая информация, связанная со структурой, поддающаяся точной формулировке, переводимая, вызывающая определенные *действия*, и

— *эстетическая точка зрения*, согласно которой выделяется непереводимая информация, вызывающая определенные *состояния*.

На деле следует отметить, что при попытке применить теорию информации к человеку, рассматриваемому как приемник (именно в такой роли он выступал здесь до сих пор), мы для простоты без всякого обоснования предположили, что приемник воспринимает систему символов из *одного и только одного* набора. Такое свойство в каждом случае дает возможность только *одним-единственным способом* группировать простые элементы восприятия, например в рассмотренном выше случае «чтения» печатной страницы. Но мы молчаливо предполагали, что человек-приемник является

— либо лицом, интересующимся лишь узором письменных знаков,

— либо корректором, исправляющим типографские печатки,

— либо читателем в собственном смысле,

— либо верстальщиком

и что эти случаи взаимно исключают друг друга. Но совершенно очевидно, что в действительности это не так: отнюдь не исключено, что корректор в типографии способен вдумчиво читать исправляемый текст; с другой стороны, ничто не запрещает читателю обращать внимание на буквы, например на правописание слов, на шрифт, которым они набраны, а также на более или менее «эстетическое» расположение статей и заголовков в газетной полосе. Повседневный опыт убеждает нас в том, что как раз последний случай соответствует действительности. Если количество информации, оригинальность зависят от набора, которым располагает человек, то, очевидно, *в одном и том же материальном сообщении имеет место суперпозиция многих последовательностей различных символов, содержащих одни и те же элементы, по-разному сгруппированные*. Эта суперпозиция соответствует различным наборам, причем каждому из них соответствует своя информация. Правила структурной связи, изменяющие на каждом уровне символы сообщения, можно также, по крайней мере отчасти, рассматривать как действующие одновременно.

Мы попытаемся рассмотреть *типы* внутренней организации в исчерпывающем статистическом аспекте, соответствующем двум самым общим *точкам зрения* на сообщения, получаемые человеком из внешнего мира. Мы имеем в виду *семантическую* и *эстетическую* точки зрения, которые мы постараемся четко охарактеризовать в их диалектическом противопоставлении. Эти две точки зрения по существу определяют для каждого сообщения два типа наборов, т. е. правил организации и структурных связей, и, следовательно, два типа оригинальности.

§ 3. СЕМАНТИЧЕСКАЯ И ЭСТЕТИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИИ

Объективная психология утверждает, что реакция определяется восприятием. Поэтому именно в природе реакций, определяемых сообщением, мы должны искать различие в точках зрения, отделяющих семантическое содержание от эстетического.

Семантическая точка зрения ставит вопрос о *состоянии* внешнего мира, о его материальном развитии во времени, служащий подготовкой для *принятия решения* о настоя-

щих или будущих действиях, о поведении: она подготавливает внешнюю реакцию человека — приемника информации. Впрочем, как раз это в основном и интересует бихевиористов, и на решение этого вопроса направлены новейшие исследования по биокибернетике. Толчком к этим исследованиям послужили работы К. Левина, Хэлла и др. по аналоговым моделям, иллюстрирующим бихевиористскую психологию (простые рефлексy, условные рефлексy, обучение и т. д.). Когда регулятор передает по системе телеуправления «команды» на пульт управления электростанции, он передает семантическую информацию. Аналогично военная команда, схема электрических соединений, закодированное сообщение, наставление по противопожарной обороне, техническая инструкция, музыкальная партитура и т. д. несут в основном семантическую информацию: они подготавливают действия, указывают способы действия. Семантическая информация поэтому имеет в общем случае сугубо утилитарный и главным образом *логический* характер, она связана с действием и смыслом. Применительно к языку она подчиняется законам универсальной логики, она «логична» в том смысле, что все правила, все символы являются общепринятыми среди всех приемников сообщений. Другими словами, эта информация использует общую для всех людей статистически среднюю часть социально-культурных таблиц. При передаче сообщения A_{ij} от какого-либо индивидуума i к какому-либо индивидууму j структурные правила связи, которые должны соблюдаться (например, музыкальная нотация, математический язык или дорожные знаки), используют общую для всех i и j часть, образующую *нормализованный*, или *стандартный*, код.

Отсюда можно сделать важный и интересный вывод: семантическая информация допускает вполне точный *перевод*, например на иностранный язык, поскольку она основана на символах и законах универсальной логики, одинаковых во всех языках. В более общем виде семантическую информацию *можно переключать* из одного канала в другой: одно и то же количество информации можно передать человеку по различным каналам: письменно, устно, по радио, с помощью изображения, хотя эти каналы часто имеют неодинаковую пропускную способность.

Итак, мы замечаем, что множеству сообщений соответствуют два типа информации. Эти два типа связаны с теми способами, которыми наблюдатель, внешний по отношению к передающему каналу, группирует последовательные элементы из последовательности, составляющей сообщение, относя их к тому или иному набору:

а) *семантическая информация*, подчиняющаяся универсальной логике, имеющая структуру, допускающая точное представление, переводимая на другие языки; согласно концепции бихевиористов, она подготавливает *действия*;

б) *эстетическая информация*, «непереводимая»¹⁾, относящаяся не к универсальному набору символов, а только к набору знаний, общих для приемника и передатчика; она теоретически непереводима на другой «язык» или в систему логических символов потому, что другого такого языка для передачи этой информации попросту не существует. К ней можно подойти как к некоей персональной информации.

С философской точки зрения для различения этих двух типов информации необходимо существование внешнего наблюдателя; это хорошо показал Черри [1-9], который уточнил, что схема изучения связи между людьми должна выглядеть следующим образом:



Рядом с обычным каналом источник — приемник здесь имеется вспомогательный канал; он содержит *наблюдателя*, который исследует сигналы, поступающие от источника. Предполагается, что источник не генерирует шума, что

¹⁾ Мнение о «непереводимости» произведений искусства многими оспаривается. В качестве опровергающих эту точку зрения примеров указывают не только на адекватные художественные переводы, но и на случаи передачи («выражения») одного произведения искусства средствами другого искусства (иллюстрации, музыкальные сочинения на некоторую литературную тему и т. п.). Однако, вероятно, причина такого разногласия в мнениях заключается в терминологической неопределенности понятия «непереводимость».

По-видимому, в книге Моля имеется в виду именно «эстетическая» непереводимость, т. е. именно то, что не переводится при любом «переводе» одного вида сообщения в другой, например то, что отличает исполнение одного и того же музыкального произведения разными исполнителями и что словами (а также любым другим способом передачи информации) адекватно не передается и не выражается, будучи *не способно вызвать соответствующей совокупности ощущений*, настроения. Сюда же относится различие в эстетическом восприятии разных переводов на другой язык одного и того же стихотворения. Примером «непереводимого» качества музыки в этом смысле может служить «ладовое чувство» — особая способность ощущать ладовые связи. — *Прим. ред.*

он дискретный и описывается в терминах общепонятного метаязыка ¹⁾.

Эстетический подход в противоположность семантическому не ставит своей целью подготовить принятие решений приемником, у него в точном смысле слова нет никакой цели, он лишен свойства *преднамеренности*; по существу он определяет *внутренние состояния*, и объективно можно установить лишь отголоски этих внутренних состояний, по крайней мере в типичных случаях, как это сделано в работах по психоэстетике и психофизиологии (эстетические эмоции, работы по психологии восприятия музыки и т. д.). Эстетическое ни в коей мере не носит утилитарного характера. «Искусство совершенно бесполезно», — утверждал Оскар Уайлд, который, впрочем, упрощал вопрос, сводя эстетическую информацию лишь к искусству в собственном смысле слова. Даже если случается, что эстетическое сообщение определяет те или иные реакции, эти реакции ни в коей мере не являются ни мгновенными, ни обязательными ²⁾.

Таким образом, эстетическая информация неразрывно связана с *каналом*, по которому она передается, она существенно изменяется при переходе от одного канала к другому: симфония не может «заменить» мультипликационный фильм, они различны по своей сущности. Следовательно, эстетическую информацию невозможно *перевести*, ее можно только приблизительно *переложить* средствами другого искусства.

Можно ввести понятие эстетической информации более точным образом, чем использованный ранее метод сходимости (convergence), изучив ее особенности путем противопоставления ее семантической информации.

Первый шаг при статистическом определении сообщения, начиная с его элементов, состоит в том, что логичес-

¹⁾ В современной математической логике и метаматематике под метаязыком понимается некоторый язык, служащий для исследования другого языка (этот последний называется языком-объектом). Метаязык может отличаться от языка-объекта, но может и совпадать с ним (как, например, в грамматике русского языка, написанной на этом же языке). Употребление термина «метаязык» в работе Черри, которому следует Моль, и во многих работах по математической лингвистике является несколько более широким и расплывчатым, так как имеется в виду язык, служащий для описания всего процесса передачи информации (в котором не участвует наблюдатель, описывающий этот процесс на метаязыке). О теории метаязыка см., например, [*I-19, 20]. — *Прим. ред.*

²⁾ Вопрос о реакции на эстетическое сообщение детально исследован в недавно изданной монографии замечательного советского психолога Л. С. Выготского [*VII-30] (см. особенно заключительную главу книги). — *Прим. ред.*

кое содержание сообщения фиксируется с помощью нормализованных символов, т. е. символов, которые распознаются более или менее крупной, но все же определенной группой людей, свойства и «структура восприятия» которой характеризуются объективными статистическими показателями. Именно так, в частности, семантическая информация звуковой речи строится с помощью набора звуков, соответствующих международному фонетическому алфавиту. Фонетисты создали этот алфавит из 87 знаков таким образом, что каждый знак без всякой неопределенности может быть распознан любым человеком. Фонетический алфавит в свою очередь определяет перевод звуков в другую систему — в систему письменных символов.

Но сообщение, составленное из набора чисел, соответствующих номеру символа в фонетическом алфавите, не определяется полностью с точки зрения акустического сигнала. Остается еще огромная неопределенность в отношении его структуры, которая реализуется во времени с помощью магнитофонной ленты. Эти *степени свободы* делают возможным другой тип сообщений: в самом деле, во временной области сообщение можно разложить на систему квантов, единичных символов, из которых может быть образован набор. Эти символы в свою очередь можно отобразить в пространстве степеней свободы с определенными вероятностями p_i , потому что фонему чаще реализуют одними способами, чем другими. Поэтому существует пространство индивидуальных изменений, не зависящих от универсального семантического содержания сообщения.

Следовательно, передатчик представляется уже не нормализованным, а персонализированным, и персонализация сообщения осуществляется именно в поле эстетической информации. Для эстетической информации канал описывается *матрицей* $\|A_{i,j}\|$. Для семантической информации канал является *универсальным* в пределах некоторой группы индивидуумов, характеризующей тем, что существуют *общие* свойства, которыми обладают все индивидуумы, принадлежащие к этой группе.

Итак, семантическую информацию несет сообщение, составленное из последовательностей нормализованных звуков, из нормализованных фонем, из фонетических слов, набором которых является речевой словарь, из типичных фраз и т. д. Эстетическую информацию несет другое сообщение, элементы которого образуются путем предпочтительного отбора конкретным индивидуумом в соответствии со строением его голосовых связей (голосового тракта), определенных частот и определенных комбинаций, порождающих спектральные символы, определенные длитель-

ности фонем, определенные комбинации фонем и т. д. Каждый из этих элементов для одного и того же индивидуума имеет относительную вероятность появления p_i . Поэтому на каждом структурном уровне оказывается возможным определить процент объективно воспринимаемой информации.

В музыкальном канале происходит то же самое: задание аккорда в партитуре только очень грубо фиксирует соответствующую высоту — основного тона и дополнительную, т. е. по существу двух главенствующих звуковысотных областей. Но у нас нет никаких указаний относительно спектра, реализуемого в действительности. Между тем спектр может изменяться в очень широкой области степеней свободы либо потому, что оркестровка не дает нам на этот счет никаких указаний (сокращенные партитуры), либо потому, что сведения об исполнении, скажем, аккорда на скрипке или виолончели не позволяют ничего сказать об изменении спектра при переходе от одного инструмента к другому. Изучение эстетического сообщения сводится, таким образом, к изучению исполнения на основе *метрической схемы* переданной информации в различных временных масштабах.

В действительности же сообщения, содержащие чисто семантическую или чисто эстетическую информацию, — это всего лишь предельные случаи, диалектические полюсы. Каждое реальное сообщение всегда содержит сильно перемешанные части того и другого. В то время как семантическую информацию, обращенную к универсальным сторонам сознания индивидуума, довольно легко измерить и объективно определить (поэтому она пока лучше изучена), эстетическая информация является случайной, специфически связанной с приемником, поскольку она изменяется в зависимости от его априорного набора знаний, символов и структуры; в соответствии с этим эстетическая информация изучена гораздо хуже, и ее трудно измерить. Тем не менее мы примем простейшую, но очень важную гипотезу: будем предполагать, что эстетическая информация подчиняется тем же общим законам, что и всякая информация, и что она также измеряется (с надлежащими изменениями) в соответствующих единицах информации.

Так, когда мы слушаем последние известия по радио, некоторые сообщения несут семантическую информацию; таковы, например, прогноз погоды, если мы завтра собираемся выходить из дому; курс ценных бумаг, если мы держатели акций; административные распоряжения, если они к нам относятся; законы и декреты, если мы под них попадаем. Такие сообщения определяют реакции боль-

шинства или, во всяком случае, каждый раз логически определенной группы слушателей. Остальная часть сообщений для нас по существу *бесполезна*, она «информирует» нас в обычном, обиходном смысле этого слова, она вызывает в нас негодование или удовлетворение, но никак не определяет наших действий ни в настоящем, ни в будущем, и если она не сохраняется в памяти, она в принципе относится к эстетической информации.

В устной речи оратор стремится воздействовать на нас скорее темпераментом, выразительностью, убежденностью голоса, чем логической обоснованностью того, что он утверждает.

В театральной пьесе рассуждения, действие, рассказанная история относятся к семантической информации, так же как грамматические структуры, логические выводы и т. д. Игра актеров, пылкая речь, выразительность, богатая постановка относятся к эстетической информации. Зритель стремится воспринять в художественном сценическом произведении именно эстетическую информацию, а не просто «историю» Сирано де Бержерака. Однако следует подчеркнуть, что эти две информации, два сообщения, хотя и связаны материально, но подчиняются независимым структурным правилам. Действие театральной пьесы может быть непоследовательным, нелогичным, даже лишенным смысла — тогда семантическая оригинальность возрастает. Оно может быть, напротив, логичным, строгим, неизбежным, предсказуемым — тогда семантическая оригинальность убывает, за действием легко следить. Но все это может никак не влиять на эстетическую информацию, которая также может быть большой или малой — слишком большой или слишком малой по сравнению с оптимальным объемом информации, воспринимаемым средним зрителем.

Произведение живописи также имеет семантический аспект: сюжет, отношения равновесия, перспектива, анатомия изображенных объектов — все это служит для связи между символами, в данном случае формами. Эстетический аспект изобразительного сообщения, который в конечном счете играет наибольшую роль при оценке сообщения зрителем, несет также определенную избыточность: приверженность к какому-либо традиционному стилю, в той или иной степени накладывающая отпечаток на связь между формами; доминирующий цвет картины, столь характерный для некоторых художников; манера письма — все эти черты, вместе обуславливающие избыточность, представляют собой априорные сведения, они определяют *стиль* живописи. Оригинальные части эсте-

тического сообщения — это то, что составляет ценность данной картины благодаря наличию произвольных средств выражения в пределах какого-либо определенного стиля. Все, что традиционная эстетика живописи обозначала с помощью неясных терминов: индивидуальность картины, мастерство, «оригинальность», — экспериментальная эстетика призвана уточнить, охватив выражаемым определенной числовой величиной понятием эстетической оригинальности.

ПРИМЕРЫ СЕМАНТИЧЕСКОЙ И ЭСТЕТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ
В ЖИВОПИСИ

		Эстетическая информация	
		малая	большая
Семантическая информация	Малая	Лубочная картина Мадонна с младенцем Иероним Босх ¹⁾ Сальвадор Дали ²⁾	Пикассо Афиша Коллена ³⁾ Пауль Клее ⁴⁾ Жорж Матье
	Большая		

¹⁾ См примечание на стр. 110 — *Прим. ред.*

²⁾ Сальвадор Дали (род 1904) — современный испанский художник — крупнейший представитель сюрреализма. — *Прим. ред.*

³⁾ Поль Коллен (род 1892) — французский художник, создатель нового направления французской художественной афиши, которая мыслилась им как цветное пятно или живописная структура (в отличие от графического подхода к афишам, более обычного до работ Коллена). — *Прим. ред.*

⁴⁾ Пауль Клее (1879—1940) — современный художник, которого иногда относят к беспредметной школе — *Прим. ред.*

В этой диалектической перспективе развитие современной живописи и ее отход от традиционного сюжета происходят в различных направлениях. В произведениях современной живописи *уровень оригинальности* значительно возрос: объем информации, непредвиденность живописных сообщений теперь несравненно выше, чем 80 лет назад. Посмотрим, каким образом рост оригинальности достигается в двух направлениях современной живописи. Сюрреализм заметно увеличил семантическую информацию, разрушив «нормальные» связи, которые возникают у зрителя под влиянием внешнего мира, разрушив перспективу, функциональные связи, традиционные связи между предметами или их частями. Структурная связность от этого уменьшилась, а семантическая оригинальность возросла, поскольку формы и нормальные связи между формами сократились или сошли на нет. Абстрактная школа пошла по пути увеличения эстетической информации, она разрушила стили, традиционные связи между цветами и т. д.¹⁾

¹⁾ Как показал С. М. Эйзенштейн [*V-40, т. 3, стр. 271], сходные задачи при сохранении реальной пейзажной изобразительно-

Последний пример позволяет построить схему сообщения, поступающего из внешнего мира и несущего одновременно информацию двух типов, постепенно уменьшающуюся против исходных символов, причем оба типа информации взаимосвязаны и воздействуют друг на друга (см. схему на стр. 210).

На этой схеме впервые указаны соотношения между факторами, которые следует учитывать при определении общих структур сообщения. В частности, схему можно использовать в экспериментальной эстетике для определения *иерархии структур* и соотношения между эстетическими и семантическими символами, особенно в случае комбинированных сообщений. Впоследствии будут построены еще несколько аналогичных схем для некоторых основных видов эстетических сообщений.

§ 4. ВЗАИМОСВЯЗЬ СТРУКТУР В ЗВУКОВЫХ СООБЩЕНИЯХ

Совершенно очевидно, что введенное выше различие между семантической и эстетической информацией, сколь бы оправданным оно ни выглядело с логической точки зрения, не представляло бы интереса, если бы оно не было установлено операционно ¹⁾, т. е. если бы его нельзя было применить на опыте.

Мы исследуем это различие двух типов информации на примере звукового сообщения. Такое сообщение представляет собой модель временного сообщения (т. е. относящегося к временным искусствам), микроструктуру которой мы уже изучили в предыдущей главе.

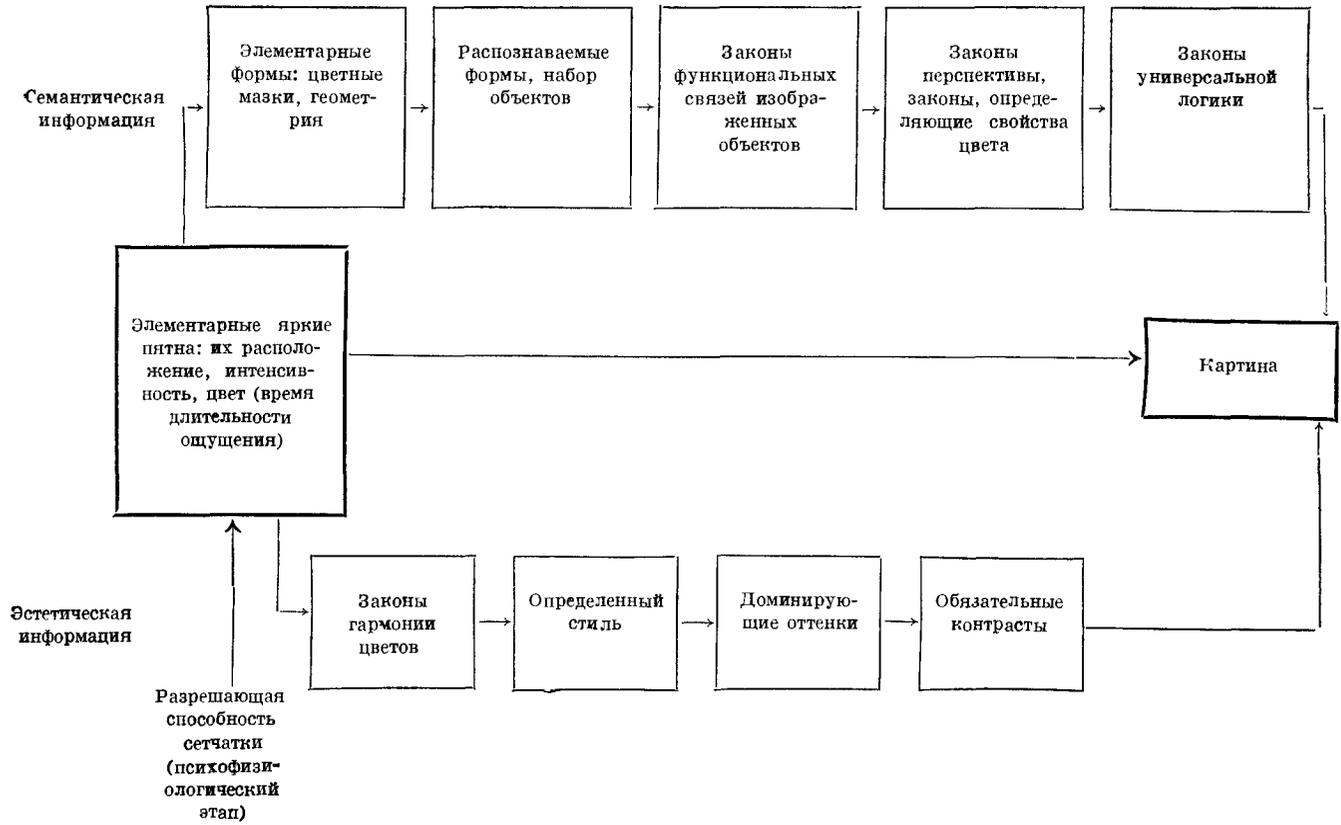
Два основных вида звуковых сообщений — речь и музыка — значительно отличаются друг от друга своим семантическим и эстетическим содержанием, хотя и то и другое представляют собой разновидности звуковой материи.

Мы уже отметили характерные особенности семантической части разговорного языка и противопоставили им свойства эстетической части, которая всегда присутствует

сти решались в классической китайской живописи, которую Эйзенштейн с этой точки зрения сравнивает с «музыкальной композицией» картин известного литовского художника Чюрлёниса. С семиотической точки зрения построения этого рода характеризуются преимущественным вниманием к синтаксической стороне знаков.— *Прим. ред.*

¹⁾ Имеется в виду определение, задаваемое посредством некоторой эффективно выполнимой процедуры, «совокупности операций» (ср. термин «конструктивный» в математике).— *Прим. ред.*

КАРТИНА КАК СООБЩЕНИЕ



в речи (исключая, может быть, передачу телефонограмм). Тем не менее большинство обычных образцов речи в основном выполняет семантические функции: если разобраться, язык служит прежде всего для обмена мыслями, понятиями, указаниями, для создания отношений между людьми. Однако известны разновидности языка, где в принципе упор делается не на коммуникативную функцию языка, — таковы поэзия, ораторское искусство и т. п. Здесь уже перевес целиком на стороне эстетической информации («...изумить, взволновать, увлечь зрителя»), а семантическая информация образует для «чистой поэзии» своего рода костяк, материальную опору для понимания¹⁾. Искусство стиля, которое способно скорее подсказать, внушить, чем сказать что-либо прямо, в свете изложенного здесь представляет собой внесение в исходную обстановку некой логически непереваемой эстетической информации. Правила, управляющие стилистикой, — это именно законы эстетической информации. Например, в журналистике практика переделки статей показывает, что литературная обработка снижает количество семантической информации на символ за счет повышения эстетической информации в сообщении и т. д.

В музыке, напротив, семантическая информация минимальна, она содержит только самое необходимое для того, чтобы музыкальное сообщение можно было «понять», и то, что образует систему связей, зафиксированных в логическом или символическом виде. В частности, основа семантического музыкального сообщения соответствует той истинной *схеме* музыки, которую образует партитура — перевод на общепринятый символический язык схем последовательности действий, порой очень сложных. Известно, что структурные правила, законы, по которым строятся эти партитуры, — то, что составляет основу теории сольфеджио, мелодии, гармонии, контрапункта, оркестровки и т. д., — все это аксиоматические законы, не имеющие основательной экспериментальной базы (мы уже отмечали это в предыдущей главе). Тем не менее это очень сложные и очень жесткие правила, т. е. семантическая информация в музыке очень мала, избыточность музыки велика, музыкальное сообщение в значительной степени предсказуемо, его легко восстановить, по крайней мере специалисту, знакомому с правилами музыкальной нотации. Оценку семантической информации в музыке мы уже

¹⁾ Вопрос о соотношении коммуникативной функции и других функций языка применительно к поэтическим текстам детально изучен в работах [*III-32, 34, 71]. — *Прим. ред.*

предложили в гл. I, § 9 ¹⁾. Напротив, эстетическая информация музыки велика:

с одной стороны, как видно из предыдущей главы, она относится к символам, гораздо более богатым, чем символы, используемые в партитуре, она намного выходит за пределы того, что содержится в нотах, представляющих собой только схему исполнения;

с другой стороны, структурные правила, которым она подчиняется, хотя эти правила нам пока плохо известны, по-видимому, очень слабо проявляются. Область произвола и оригинальность в музыке очень велики.

Несведущий человек, посмотрев на партитуру, о которой он имеет только поверхностное представление, подумает, что музыка — искусство вполне точное, строго определенное, не оставляющее места для какого бы то ни было произвола; на самом деле имеет место обратное. Марк Пеншерль (Pincherl) (см. Французскую Энциклопедию, 1760-7) так писал о неопределенности музыкального «текста»:

«Оставим наивную мысль... будто написанная музыка является точным языком, так что ее звуковое исполнение в совершенстве обеспечивается двойным механизмом расшифровки и инструментального исполнения, осуществленным в виртуозе-исполнителе. В таком случае существовал бы образец исполнения, которому виртуоз должен был следовать. Но этому мешают тысячи чисто физических различий между артистами, так же как и между их инструментами ... Поэтому было бы бесполезно искать двух исполнителей, способных совершенно одинаково воспроизвести один сколько-нибудь значительный отрывок. Но сама нотация не дает исчерпывающих указаний об исполнении, как могут подумать непосвященные».

Музыкальный сигнал, музыкальная материя богаче схемы, представленной партитурой, благодаря многочисленным «степеням свободы»:

Во-первых, *из-за несовершенства самой системы записи, используемой в партитуре*; например, в партитуре невозможно точно отразить характер нарастания звука, несмотря на то что в течение веков пытались улучшить способы нотации (обозначения пиццикато, трели, указания для оркестра). Даже последние попытки такого рода,

¹⁾ С этим утверждением автора нельзя согласиться. Музыка и ее нотная запись в виде партитуры — разные вещи. Кроме того, «способ оценки» семантической информации, предложенный в § 9 гл. I, по существу является не более как попыткой привлечь внимание на возможность такой оценки и никак не может претендовать на нечто большее. — *Прим. ред.*

например «Klavarscribo» [IV-23], где огромные усилия были направлены на рационализацию и повышение точности нотации, ни в какой мере не могут претендовать на совершенную точность записи.

Во-вторых, *варианты оркестровки* могут целиком изменить звуковую материю, поскольку партии можно перераспределить между инструментами, не изменив партитуры. Каждый оркестр имеет свой состав инструментов, и если в крайнем случае еще можно предположить, что для инструментов с фиксированными звуками, таких, как фортепьяно, существует система обозначений, устанавливающая количественное соответствие между символами и звуковой субстанцией, то такое предположение будет явно несправедливо для оркестра или даже для простого струнного квартета.

В-третьих, *разнообразие конструкции* инструментов: не существует двух одинаковых фортепьяно, двух одинаковых скрипок. Отличия эти могут стать разительными; достаточно, например, вспомнить «Клавир» Баха и фортепьяно, на котором мы его исполняем. Очень распространенным инструментом, который часто обходят молчанием, является резонатор, образованный самим концертным залом, — этот инструмент тоже участвует в воспроизведении музыки.

В-четвертых, отступления или вольности *интерпретации (исполнения)*, допускаемые как инструментом (оркестром), так и исполнителем (дирижером). При игре оркестра, когда звуковой сигнал имеет богатое содержание, вольности интерпретации могут принимать фантастические размеры, особенно в части развития произведения во времени. Поэтому невозможно говорить о симфоническом произведении, не ссылаясь на конкретного исполнителя или даже на конкретное исполнение. Такая ссылка еще 50 лет назад вряд ли имела смысл, теперь же, с изобретением звукозаписи, она вполне уместна.

Музыкальное произведение, как правило, является коллективным произведением, оно имеет по меньшей мере двух авторов, почти в равной степени «участвующих» в его создании: композитора, создающего схему действий, и исполнителя, «реализующего» (по терминологии Шерхена) эту схему. При этом сами композиторы очень редко бывают хорошими исполнителями или дирижерами (Р. Вагнер), и, напротив, хорошие исполнители или дирижеры редко бывают хорошими композиторами. Только в отдельных случаях музыкальное произведение можно приписать одному автору; так обстоит, например, дело в экспериментальной музыке, где необработанные звуки записываются

на магнитофонную ленту, а затем преобразуются и препарируются по замыслу самого композитора, который создает музыку непосредственно в студии при помощи ножниц и клея, не прибегая к партитуре и минуя исполнителя (см., например, подлинные сочинения Мейер-Эплера¹⁾).

Короче говоря, сигнал обладает намного большим числом степеней свободы, чем семантическое сообщение. Музыкальное сообщение несет главным образом эстетическую информацию, подчиняющуюся плохо изученным правилам, и одной из задач экспериментальной эстетики является определение этих правил. Бесчисленные отклонения и вольности интерпретации подчиняются своим особым правилам. Так, *crescendo* и *rallentando* следуют определенному метроритму, они не меняются случайным образом через каждую десятую долю секунды, и именно множество всех статистических правил создает действительную структуру эстетического сообщения, ограничивая произвол в исполнении музыки. Эти статистические правила и определяют реальное количество информации, передаваемой этим сообщением.

Качественное представление о некоторых пределах эстетической информации можно получить, взяв за основу понятие *допустимых отклонений* для каждого из параметров, определяющих звуковые объекты, и сопоставив их с нормой, указанной, например, в партитуре.

Так, в области уровней громкости или динамических контрастов, которые в музыке лежат в пределах 30—100 дб, партитура содержит следующие обозначения (Стоковский):

1	2	3	4	5	6	7
<i>ppp</i>	<i>pp</i>	<i>p</i>	<i>mf</i>	<i>f</i>	<i>ff</i>	<i>fff</i>
20	40	55	64	75	85	95

Имеется 7 градаций по высоте, и в музыкальной практике допускается отклонение от записанной в партитуре градации на *одну* ступень (т. е. на расстояние между двумя смежными градациями), если оно заранее подготовлено (хотя бы за 1 сек, т. е. за 10—15 квантов длительности) [К-1].

Во временной области можно отметить два фактора:
1) Абсолютный темп (определяемый по метроному), который при исполнении классических симфоний часто

¹⁾ На синтезаторе звуков Е. А. Мурзина (см. примечание на стр. 189) замысел композитора непосредственно воплощается в музыку. Этот синтезатор, по отзыву Д. Д. Шостаковича, «очень расширяет творческую фантазию и дает большой простор для творческой изобретательности». — *Прим. ред.*

достигает отклонений до $\frac{1}{8}$ (15%) нормального значения [К-2].

2) Переменные отклонения от неизменного темпа, которые, согласно нашим измерениям, достигают значительной величины [IV-17]. В некоторых случаях темп может изменяться вдвое на отрезках в несколько секунд (10 сек, например).

ДЛИТЕЛЬНОСТЬ ИСПОЛНЕНИЯ (В МИНУТАХ) РАЗЛИЧНЫХ ЧАСТЕЙ ДЕВЯТОЙ СИМФОНИИ БЕТХОВЕНА (ПО ЛЕМЕРУ)

Дирижер	Аллегро	Скерцо	Адажио	Финал	Симфония в целом
Фуртвенглер	17.35	11.50	19.35	24.50	73.50
Шерхен	17.20	12.20	16.10	26.00	71.50
Г. Ванд	16.25	11.20	17.15	23.50	68.50
В. Гер	14.15	11.55	17.20	23.55	67.25
Клайбер	15.45	10.15	16.50	23.30	66.20
Геренштейн	15.10	11.20	14.50	23.20	64.40
Караян	14.50	10.00	15.55	23.55	64.40
Тосканини	13.15	13.00	14.05	23.05	63.25

ВАРИАЦИИ ТЕМПА ПРИ ИСПОЛНЕНИИ ДЕВЯТОЙ СИМФОНИИ (СРЕДНИЕ ПО ОТРЫВКАМ В 30 сек)

Дирижер	Аллегро		Скерцо	Ода «К радости»	
	начало	такты 50-60		начало (такты 92 и след.)	Тутти
Партитура	88	88	116	80	80
Фуртвенглер	60	57	113	52	68
Шерхен	64	64	106	56	72
Г. Ванд	56	58	116	76	80
В. Гер	76	76	123	60	64
Клайбер	76	71	115	64	68
Геренштейн	72	72	114	68	76
Караян	72	72	126	70	73
Тосканини	72	80	122	76	80

Звуковой объект с минимальной длительностью 4 сек, удаленный от другого звукового объекта на 10—15 сек, может иметь эффективную длительность, меняющуюся в пределах 5—7 сек, если такое растяжение или сжатие его

заранее подготовлено промежуточными звуковыми объектами [К-3].

Что касается высоты звуков, вопрос здесь гораздо сложнее, потому что отклонения могут стать очень значительными.

Отклонения гармоник (в пределах одной ноты) не превосходят обычно 1—2 *коммы* (5—10 *савар*) и только в исключительных случаях достигают четверти тона.

Отклонения высот последовательных нот связаны с отклонениями гармоник только для инструментов с фиксированными звуками (фортепьяно, арфа, клавесин, орган); в оркестре, где отклонения каждого из инструментов находятся лишь в случайной зависимости друг от друга, средние отклонения становятся все меньше и меньше по мере того, как увеличивается длительность прослушанного отрывка (3 *савар* на симфонию продолжительностью 30 *мин*).

При игре на инструментах соло границы этих отклонений очерчены еще менее резко, и систематическая «фальшивая» игра некоторых инструментов несет исключительно эстетическую информацию (случай клавесина: Ванда Ландовска [К-4]).

Наконец, следует ввести важное понятие, которым наука о музыке до сих пор пренебрегала и относящееся к самому инструменту, — «негармоничность» инструментов: фортепьяно [IV-31]¹⁾, органа [IV-32], скрипки [IV-35]. Негармоничность — это нарастающие отклонения гармоник нот, создаваемых инструментами, от номинальных значений частоты, которая имела бы место, если бы закон гармонических отношений (см. гл. IV) выполнялся строго, а не приближенно. Теперь уже общепризнано, что эти отклонения необходимы для усиления выразительности музыки так же, как «фальшивые ноты» клавесина и других инструментов. Именно поэтому существуют факторы, которые весьма неопределенно называют «красочностью», «жизненностью», «теплотой» исполнения²⁾.

¹⁾ См. также [*IV-76]. — *Прим. ред.*

²⁾ «Видоизменения» при различных исполнениях одной и той же композиции (как и при исполнении на разных экземплярах одного инструмента) связаны с *зоной природы* человеческого слуха (см. Послесловие, стр. 338—339), проявляющейся в звуковысотной области, а также в области темпа и ритма, тембра, динамики и т. п. См., например, Г а р б у з о в Н. А. [*IV-65—68] и работы о закономерностях интонирования при художественном исполнении на духовых инструментах симфонического оркестра [*IV-70] и смычковых инструментах [*IV-71].

В этой связи можно упомянуть также интересное исследование основоположника русской виолончельной школы К. Ю. Д а в ы-

Тембр и его вариации практически не поддаются даже приближенному количественному анализу, если рассматривать такой сложный «инструмент», как полный оркестр. Известно, например, что некоторые полифонические партии могут быть исполнены на октаву выше или ниже указанного в партитуре, что оставляют на усмотрение дирижера или переписчика партитуры.

Максимально возможную эстетическую информацию $H_{E \text{ макс}}$ можно было бы определить теоретически, исследуя численные значения различных динамических отклонений, перечисленных выше (о явлении повышения порогов ср. гл. III, § 5) и оценивая число комбинаций этих «эстетических элементов». Таким путем мы получили бы «пространство степеней свободы» музыкального сообщения относительно партитуры. Истинная информация оказывается меньше из-за ограничений, налагаемых на вероятности различных комбинаций элементов. Такие ограничения создаются законами взаимосвязи и жесткими или случайными правилами организации, определяющими структуру эстетического сообщения. В настоящее время мы не располагаем точными данными, но результаты различных экспериментов позволяют утверждать, что эстетическая информация сравнительно велика, а избыточность мала (20%).

Если мы попытаемся сопоставить различные звуковые сообщения и сравнить соотношения эстетической и семантической оригинальности в этих сообщениях, то мы придем к схемам (естественно, очень приближенным), изображенным на стр. 218.

Таким образом, содержание музыкального сообщения представляется нам столь богатым, намного превосходящим пропускную способность приемника, не потому, что его семантическая информация мала, а потому, что велика его эстетическая информация.

Впрочем, говоря о схемах распределения оригинальности, следует подчеркнуть, что речь идет о «нормальном»

д о в а (1838—1889) [*IV-73] о «негармоничности» виолончели. В этой работе путем математических рассуждений объясняется причина некоторых явлений, происходящих от строя виолончели чистыми квинтами. Показывается, почему на виолончели, настроенной чистыми квинтами, некоторые аккорды не берутся чисто.

Введение в музыкальную практику новых звуков (тембров), полученных на электромузыкальных инструментах, оказывается затруднительным, так как неизменно обнаруживается, что ухо при прослушивании таких звуков быстро утомляется. Причина этого, в частности, заключается в излишне точной фиксации, постоянности частоты электрогенераторов звука, в то время как интонация человеческого голоса или классических инструментов, обладающие *зонным строем*, обнаруживают значительные отклонения во всех параметрах (см., например, [*IV-92]).— *Прим. ред.*

РЕЧЬ

Семантическая информация Эстетическая информация

Оригинальность	Оригинальность
Банальность	Банальность

ПОЭЗИЯ

Семантическая информация Эстетическая информация



МУЗЫКА

Семантическая информация Эстетическая информация



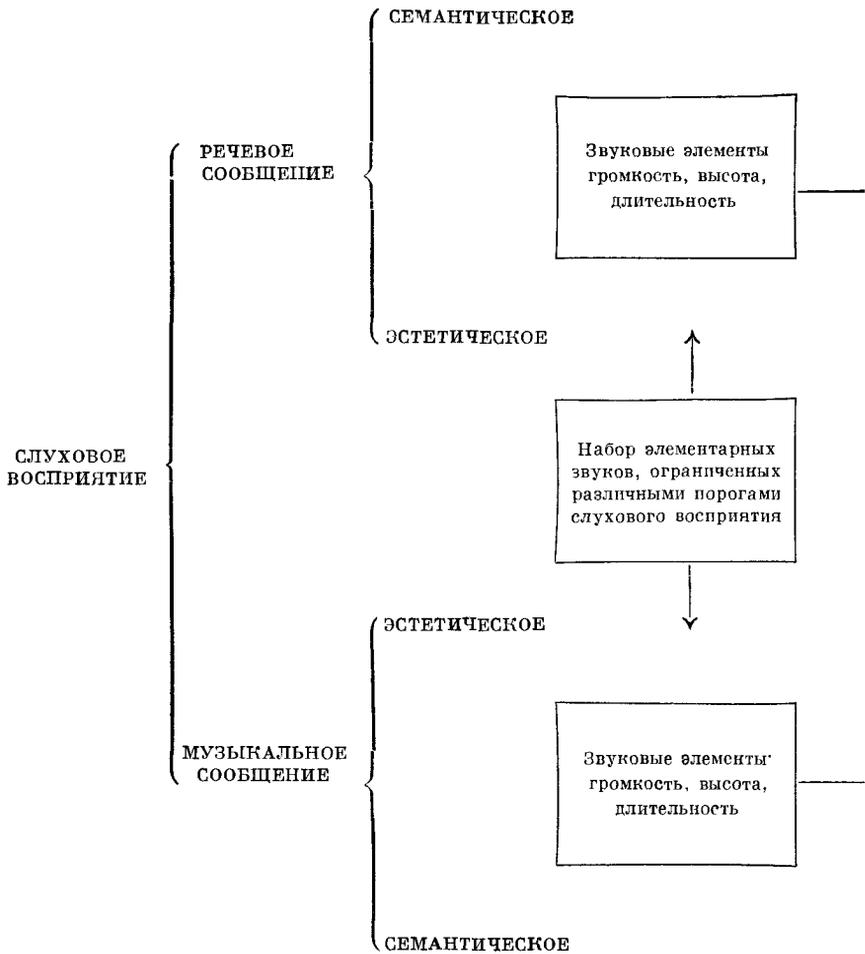
использовании сообщений «нормальными» людьми, и такое двойное абстрагирование несколько ограничивает пределы применимости этих схем.

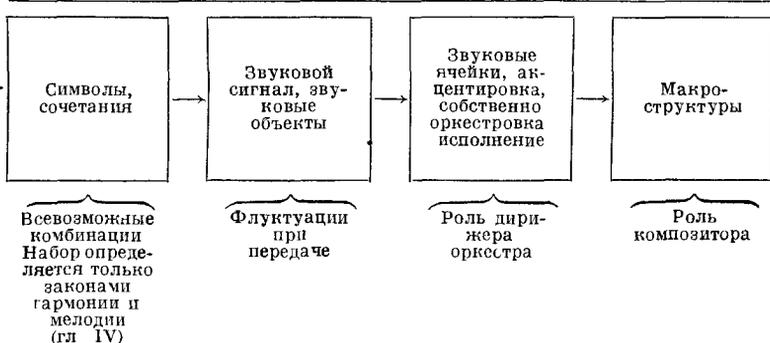
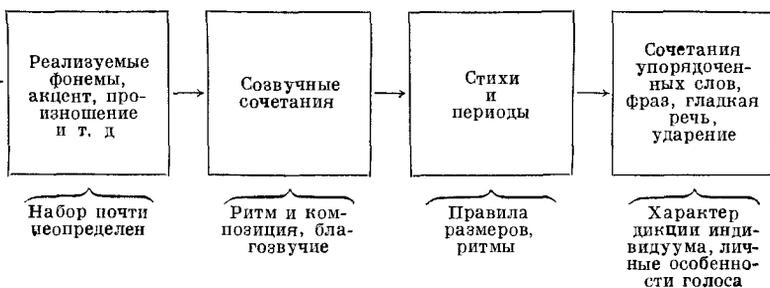
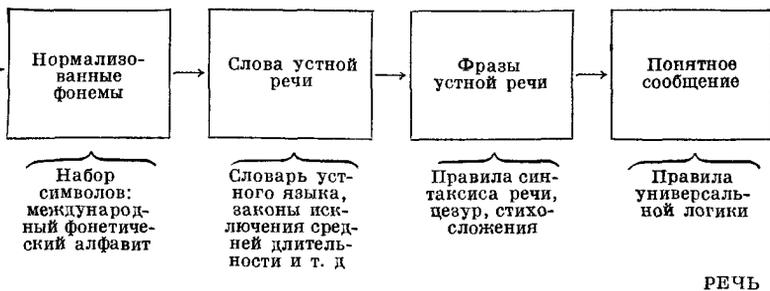
Так, хотя музыкальное сообщение в большинстве случаев несет только эстетическую информацию, существуют социальные подгруппы, для которых преобладающее значение имеет семантическая информация. В частности, профессиональные музыканты уделяют много внимания семантической информации, следя при исполнении за партитурой. Можно сказать, что эти люди «слушают партитуру», вместо того чтобы слушать музыку; иногда они при этом терпеливо сносят значительные деформации музыкального сигнала (прослушивание в плохом зале, ретрансляция с искажениями, шумы и т. д.).

Кроме того, существуют музыкальные сообщения, имеющие чисто семантическое значение: например, те, которые повсеместно повторяются по многу раз и уже исчерпали свою эстетическую оригинальность, превратились в синонимы логического утверждения. Типичным примером такого рода являются *позывные в радиовещании*. Так, прослушивание второй темы серенады Генделя «Музыка на воде» практически эквивалентно восприятию формулы: «Говорит Лондон, 20 часов средневропейского времени, начинаем передачи Би-би-си на французском языке, слушайте программу передач и урок английского языка для французов в диапазонах 220, 41 и 25 метров и т. д.». Таким образом, музыка выполняет роль слов: она приобрела значение благодаря тому, что в сознании слушателей заранее выработан соответствующий код. Тем не менее этот случай является скорее исключением, и если, с одной стороны, структурная аналогия между обоими явлениями позволяет сказать, что музыка имеет форму языка, то, с другой стороны, следует подчеркнуть, что в общем случае музыка есть «язык без смыслового значения»¹⁾.

Анализ различных связей, существующих в этих структурах, позволяет установить соответствующие схемы для обычных звуковых сообщений — речевых и музыкальных (см. стр. 220 и 221).

¹⁾ Согласно излагаемой здесь теории, музыка рассматривается как знаковая система, обладающая только синтаксисом, но не семантикой (ср. неинтерпретированные исчисления в математической логике). На сходной точке зрения стоит, например, Стравинский, утверждающий, что «Люди ищут в музыке не то, что составляет ее сущность. Им важно знать, что она выражает и что автор имел в виду, когда ее сочинял. Они не могут понять, что музыка есть вещь в себе независимо от того, что она могла бы им внушить» [*IV-43, стр. 236]. —





§ 5. РАЗГРАНИЧЕНИЕ ДВУХ ТИПОВ ИНФОРМАЦИИ

Проведенное в § 4 исследование различных степеней свободы эстетической информации показывает, что большое число параметров, определяющих эстетическую информацию (тембр, динамика, акцентирование, распределение элементов, образующих символ в звуковом объекте, и т. д.), связано с общей размерностью *уровня*, или громкости (т. е. с динамической характеристикой звука). Отсюда следует, что всякое систематическое изменение «уровня» L заметно разрушает эстетическое сообщение. Учитывая к тому же сделанное в конце § 4 замечание о способах прослушивания семантической информации, которыми пользуются «специалисты», можно придумать метод «фильтрации» семантической информации, основанный на избирательном разрушении эстетической части сообщения.

Этот метод по существу сводится к последовательному разрушению «динамики» (контраста интенсивностей, или громкостей, $L_{fff} - L_{ppp} = 20 \log_{10} [P_{\text{макс}}/P_{\text{мин}}]$) до тех пор, пока не будет достигнут предел, начиная с которого ухудшается понимание смысла сообщения. Нам уже известно, что при этой операции вначале исчезает эстетическая информация. Изучение этой операции, называемой *ограничением* (*écritage*, *clipping*, *Begrenzung*), проведенное автором для музыки [VI-17] и различными исследователями для речи, привело к выводу, что можно свести динамику, т. е. силу сигнала, почти к нулю (бесконечное ограничение), не изменив при этом сколько-нибудь заметным образом понятность звукового сигнала. Следовательно, в таком ограниченном сигнале будет сохранена почти вся семантическая информация.

В речи семантическую информацию особенно легко измерить, потому что она пропорциональна экспериментально измеримой величине — *понятности* (процент правильно понятых фраз). Общая понятность речи при ограничении остается выше 90%. Между тем в этих условиях, когда сигнал по существу сводится к двоичным импульсам (со значениями 0 и 1), множество гармоник сигнала уступает место «основной», или «главной», гармонике, а все динамические характеристики исчезают, звуковой объект превращается на карте звукового поля в тонкую полосу постоянной ширины, развивающуюся в мелодической плоскости, причем каждый символ содержит один-единственный элемент, громкость которого всегда одна и та же, каково бы ни было его положение на оси «высот» (горизонтальная абсцисса на фиг. 9). В эстетической части

остаются лишь собственно временные элементы — вариации длительности и ритма — и отклонения от номинальных значений высоты звука, т. е. в конечном счете ничтожная часть огромного эстетического содержания сообщения. Короче говоря, бесконечное ограничение избирательно разрушает эстетическую информацию и практически оставляет только семантическую информацию: таким образом, ограничение можно рассматривать как способ «отфильтровывания» двух типов информации.

Такая «живучесть» понятности речи поистине замечательна, если вспомнить, что форма сигнала может меняться в чрезвычайно широких пределах. Очень большое число опытов, проведенных нами в этом направлении, убеждает в том, что существует аналогичная «понятность» музыки, т. е.

1) каждый слушатель, достаточно знакомый с набором, может «узнать» преобразованный таким образом отрывок и определить способ его исполнения (фортепьяно, оркестр и т. д.);

2) каждый профессиональный музыкант может записать мелодию прослушанного отрывка, оркестровать его или приблизительно найти аккомпанемент.

То, что еще можно воспринять в этой последовательности идентичных сигналов, физически представляет собой *модуляцию сигналов по длительности*. Сигналы эти осуществляют разбиение времени на еще физически воспринимаемые отрезки, представляющие в микроскопическом масштабе элементарный ритм.

Из сказанного можно сделать вывод, что *семантическая информация тесно связана с модуляцией длительности*, с чрезвычайно тонким восприятием ритмов. Отсюда следуют некоторые результаты, касающиеся механизма слухового восприятия вообще [VI-1, 2]. Преобразованный таким образом сигнал, естественно, теряет все свое благозвучие. Поэтому «эстетическая информация» почти равнозначна «эстетической ценности» в точном смысле этого слова, что и оправдывает введение этого понятия.

С другой стороны, если бы мы захотели выделить эстетическое сообщение, то следовало бы избирательно разрушить семантическую часть сообщения. Осуществить такое преобразование уже намного труднее, поскольку, как показывает опыт, семантическая часть сообщения связана с разбиением его во времени и невозможно уничтожить это разбиение, не уничтожив самого сообщения. Однако можно нарушить порядок разбиения, преобразовав его таким необычным образом, чтобы сообщение уже нельзя было узнать. При этом можно не изменить сколько-ни-

будь заметно материального характера звуковых объектов и звуковых последовательностей. Мы имеем в виду *метод инверсии*, о котором уже шла речь выше (гл. IV); при помощи инверсии звуковое сообщение представляется в другой, необычной перспективе.

Систематическое применение метода к музыкальным и речевым сигналам при помощи магнитофонной записи и грампластинок позволило нам получить некоторые результаты, которые в основном можно свести к следующему:

1. Инверсия *полностью* разрушает весь смысл и все значение, обычно присутствующие в речи: речь становится совершенно непонятной. Значение же музыкального сигнала разрушается при инверсии лишь весьма незначительно, и, хотя музыкальный сигнал становится непривычным, странным, он остается понятным в том смысле, что все еще можно воспринять членение последовательностей звуковых объектов; различие звуковых объектов еще заметно, их эстетическое «значение» продолжает существовать, хотя и в гораздо меньшей степени, чем раньше.

Установленное таким образом существенное отличие между музыкой и языком — следствие их различий в структуре — служит доказательством высказанного ранее утверждения об относительном распределении семантической и эстетической информации в сообщениях этих двух типов. Это положение подтверждается также тем, что поэтическое сообщение, в особенности такое, которое наиболее близко к звуковому объекту (леттристская поэзия и т. д.), при инверсии сохраняет большее эстетическое значение, чем речь, хотя и меньшее, чем музыка. Об этом можно было догадаться, рассматривая диаграмму на стр. 218 предыдущего параграфа.

Если рассматривать музыку как язык, «лишенный значения», то при инверсии ее значение не может разрушиться. Это существенное замечание можно использовать для проверки соотношения между семантической и эстетической информацией.

2. Применительно к речи полное разрушение смысла еще не означает полного разрушения свойств самих звуковых объектов. Если звуковые объекты остаются понятными синтетически, то они сохраняют свои аналитические свойства: гласные (Klangstoff, «звуковая материя» звукового объекта) оказываются распознаваемыми, переходные звуки полностью разрушаются или превращаются в другие переходные звуки; некоторые истинные согласные (*к, д, т, н, в, б*) переходят в другие согласные, ложные (*fausses*) согласные (*с, ф, ш, р*) сохраняются. Этот метод позволяет не только

провести объективное различие между гласными и согласными, но и сделать первый шаг в определении различия между традиционными гласными и согласными, поскольку такое различие до сих пор остается весьма произвольным.

3. Отсюда следует, что гласные (истинные) несут гораздо больше эстетической информации, чем согласные¹⁾; с другой стороны, согласные в упорядоченном расположении своих временных форм несут большую часть семантической информации. Это было эмпирически установлено для некоторых древних языков (в частности, семитских)²⁾.

4. Переход от согласной в конце слова к согласной в начале слова (от начального переходного звука к конечному переходному звуку) никогда не бывает точным (*pa—ap*). Все-таки можно построить такие фразы из фонем (*мэноф си ызарф*), что, записав их и механически изменив направление воспроизведения, можно получить понятные фразы. В этом эксперименте большая часть семантической информации искусственно вводится в сообщение, являющееся результатом опыта. Этот опыт позволяет по существу определить точки, несущие изменения эстетической информации при инверсии. В опыте обращает на себя внимание наличие указателей направления времени, в роли которых выступают конечные переходные звуки. Последние имеют большую скорость нарастания и меньший уровень, чем начальные переходные звуки. Эти указатели направления входят в сигнал и придают ему свойство необратимости.

5. Относительно музыки можно сделать следующий вывод. Прослушивание классической музыки, т. е. хорошо известной музыки с самыми обычными правилами семантической организации, показывает, что факторы, считающиеся в теории музыки наиболее существенными (разрешение аккордов, повторение доминанты), оказывают второстепенное влияние на художественное значение произведения. Инвертирование музыки, разрушающее эти факторы, не изменяет ее сколько-нибудь заметным образом. Когда имеют дело с очень сложным музыкальным сигналом, в ко-

¹⁾ Имеется в виду, что согласные могут быть описаны только в терминах изменения спектра во времени, тогда как гласные характеризуются в основном частотой (высотой) и относительной амплитудой безотносительно к временной картине спектра. Роль переходных процессов в образовании звуковой речи в настоящее время детально исследуется. — *Прим. ред.*

²⁾ Замечание о семитских языках здесь неуместно, так как согласные несут в них лексическую информацию, а гласные — морфологическую, которую нельзя не считать семантической (ср. выше). — *Прим. ред.*

тором для обогащения звукового объекта используются все возможности оркестра (ср. Стравинский [К-5]), оказывается, что богатство звукового объекта полностью сохраняется при инверсии, а факторы, характеризующие направление времени, ослабляются настолько, что значительная часть молодых слушателей (16—22 лет) в некоторых случаях предпочитает исходной музыке инвертированную. При этом возникает любопытная неопределенность, касающаяся значения восприятия направления времени в музыке.

6. В действительности эта инверсия времени *воспринимается* только в том случае, если структура звуковых объектов, связанная с создающими их инструментами, подчиняется некоторым простым законам; основные законы такого рода можно сформулировать следующим образом:

а) начальные переходные звуки слабы (< 80 *дб/сек*; скрипка, виолончель, орган, струнные смычковые инструменты);

б) уровень конечных переходных звуков также как можно меньше отличается от уровня начального перехода; другими словами, звуковые объекты имеют тенденцию к определенной симметрии относительно центра;

в) задержка разрешения аккорда еще воспринимается на слух.

Другими словами, не должно быть указателей направления времени. В такой форме этот результат должен уже казаться банальным.

Сказанное не относится к струнным ударным (фортепьяно) и щипковым (гитара) инструментам.

Этих правил достаточно для априорного определения эстетической ценности, сохраняющейся в музыкальном отрывке при инверсии, и они доказывают, что понятия музыкальной материи и звукового объекта существенны для уяснения того, каким образом музыка воздействует на органы чувств.

7. Наконец, инверсия во времени помогает раскрыть культурно-социальный аспект музыкальных структур, она дает повод утверждать, что «законы» теории музыки — это всего лишь некие догмы данной цивилизации, обязанные своим происхождением традициям и культуре. Были проведены систематические опыты, в которых европейцам, более или менее образованным в музыкальном отношении, давали прослушивать инвертированные отрывки музыки каждого из следующих типов:

- а) классической, до 1900 года;
- б) современной, после 1915 года;
- в) экспериментальной;

г) европейской;

д) «экзотической», в мусульманском стиле [К-6].

Из этих опытов можно заключить, что воспринимаемая эстетическая информация возрастает от «а» к «б» и от «б» к «в», что указывает на значительно более широкое и систематическое использование возможностей оркестра (например, в области тембра), сопровождающееся нарушением догматических правил классической композиции. Эти опыты также объясняют (случай «в») тот интерес, который современные музыканты проявляют к экспериментальной музыке: от нее ожидают возможности увеличения богатства музыкальной материи путем расширения эстетической информации и оригинальности, рассматриваемой как самостоятельная ценность [VII-5].

Указанные опыты проводились также с «экзотической» (по отношению к европейской традиции) музыкой (случай «д»). Слушателями были люди с различным музыкальным образованием, но всегда европейцы. Опыты показали, что там, где слушатель в силу своего образования и социально-культурного окружения не владел структурными правилами, оценка музыки производилась им непосредственно в эстетическом плане, т. е. он не мог сказать, какую музыку он предпочитает: исходную или инвертированную, он даже не мог точно указать, какого рода музыку он слушает — настоящую (экзотическую) или инвертированную. Слушатель может высказать вполне определенное суждение о музыке, если он владеет сводом семантических правил. Если же, напротив, эта семантическая часть сообщения ему недоступна, он, хоть и с трудом, но зато непосредственно воспринимает только эстетическую часть музыки.

Результаты, полученные при систематическом применении инверсии, далеко выходят за рамки сделанных выше выводов. По-видимому, этот весьма плодотворный метод следует отнести к числу наиболее мощных методов экспериментальной эстетики при изучении временных искусств; это один из способов образных вариаций, подсказываемых феноменологией; уничтожая нормальную перспективу временного объекта, он позволяет проникнуть в сущность явлений, которые мы перестали осознавать из-за их привычности.

Ограничение и инверсия — два метода, основной целью которых является выделение семантической и эстетической информации; их можно рассматривать как *информационные фильтры*. И тот и другой осуществляют не абсолютное разделение двух видов информации, а только случайную фильтрацию, и ввиду этого менее обширная семантическая

ее часть определяется точнее, чем эстетическая. Впрочем, метод инверсии может найти и другие применения, например для создания новых звуковых объектов из слова; в этом случае из слова выбрасывается ненужная или не относящаяся к делу семантическая информация и обновленные звуковые объекты используются после такой «подготовки» для композиции музыки. Описанный способ уже применяется в экспериментальной музыке.

Раздельное измерение обеих информаций в звуковом сообщении при современном состоянии наших знаний представляет собой очень трудную задачу. Лучше всего это достигается при помощи довольно искусственного приема, который сводится к следующему:

1. Производится оценка максимально возможной информации H_m звукового сообщения. Для этого определяется пропускная способность данного канала — число символов и число возможных перестановок из них ($\log N$).

2. Измеряется средняя избыточность сигнала. Это можно выполнить экспериментально для канала любого вида методом, описанным в гл. I, § 5, т. е. путем изменения элементов сигнала, в данном случае символов, вплоть до полного разрушения либо семантической понятности (что легко оценить объективно), либо эстетической понятности (что оценить экспериментально намного труднее). В случае временных каналов связи, когда сообщения имеют случайную длительность, можно воспользоваться тем, что умножение случайного явления (степень упорядоченности ω) на регулярное явление (степень упорядоченности 1) в результате дает случайное явление с той же степенью упорядоченности, что и первое явление ($\omega \times 1 = \omega$). Таким образом, в этом случае можно экспериментально определять избыточность, искажая исходное сообщение периодическими сигналами с периодом, зависящим от природы временных символов, образующих набор.

При изучении всей информации, передаваемой звуковым сообщением, в наиболее общем случае следует начинать с минимальной длительности искажающего сигнала порядка $\frac{1}{16}$ сек (минимальное время восприятия) и постепенно увеличивать эту длительность до полного разрушения сообщения. Наличие других наборов наводит на мысль об исследовании информации, относящейся к символам, звуковым объектам и ячейкам, при помощи искажающих сигналов, периоды которых лежат в окрестности средних значений их длительности.

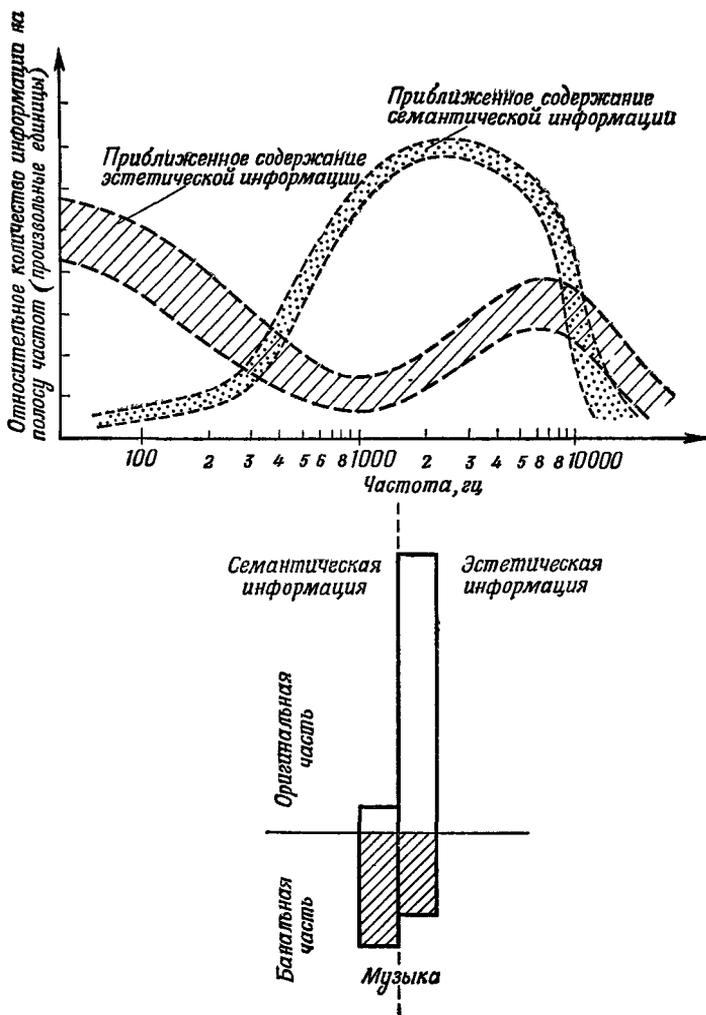
Этот метод уже широко применялся для исследования речи Ликлайдером и Поллаком [II-1], но в области музыки он делает только первые шаги. Автором были проделаны

опыты с сигналами, имеющими период порядка полусекунды. Разрушение сообщений (фортепьяно — Лист, симфонический оркестр — Мендельсон) происходило, когда продолжительность искажающего сигнала достигала 65% периода. Этот результат представляет интерес, если сравнить его с аналогичным результатом для речи: оказывается, что протяженность во времени звукового объекта, выделяемого в музыке, намного больше, чем в речи, где она составляет $\frac{1}{8} - \frac{1}{10}$ сек.

В речи разрушение понятности происходит при периодичности сигнала порядка $\frac{1}{8}$ сек и при разрушении 70% длительности сигнала. Последний результат близок к тому, что мы получили при вырезании 80% сигнала случайным, *упорядоченным* способом (см. гл. II, § 6), когда мы отбирали согласные и устранили гласные звуки. Результаты все же оказываются различными, потому что различны процессы разрушения: сказывается роль упорядоченного выбора при разрушении структуры. С теоретической точки зрения здесь проявляется влияние случайных отклонений (с гауссовым законом распределения) длительностей звуковых объектов в нормальной речи от их среднего значения (0,08 сек) [III-16]. Этот факт представляет интерес для теории языка.

Автор разработал экспериментальный метод разделения семантической и эстетической информации в речевом и в музыкальном сигнале. В этом методе используются одновременные возбуждения при помощи *полифонических фильтров*. Такой фильтр представляет собой электрическую систему, включенную в канал воспроизведения. Он позволяет разделить всю область слышимого звука на 29 диапазонов (каждый из них содержит примерно треть октавы) и произвольно менять усиление в каждом диапазоне. Например, можно прекратить воспроизведение во всех четных или во всех нечетных диапазонах, произвольным образом вырезать участки спектра в диапазоне и т. д. Группам слушателей дают прослушивать результаты этих систематических вариаций звуков; суждения о ценности воспроизводимых отрывков позволяют делать вывод о том, какая семантическая и эстетическая информация передается по различным диапазонам. Выпущены две экспериментальные пластинки [К-24] с такими записями. Результаты применения этого метода приведены на фиг. 12.

В заключение следует отметить, что имеется огромная неисследованная область, где можно применять описанные выше методы, и что приведенные отрывочные и приближенные результаты лишь указывают возможное направление исследований.



Ф и г. 12. Приближенное распределение семантической и эстетической информации в музыке в области звуковых частот.

Замечен большой разброс результатов, относящихся к эстетической информации.

§ 6. МЕЛОДИЧЕСКИЕ МАКРОСТРУКТУРЫ

Вводя понятие звуковых ячеек — простейших мелодических форм, мы отметили (гл. IV, § 5), что для них трудно найти точные пределы, границы их случайным образом изменяются, они взаимно перекрываются, и с чисто морфологической точки зрения, принятой в этой книге, звуковые ячейки плохо различаются в звуковой массе. В теории гештальт-психологии, разработанной Коффкой, Кёлером и др., именно в связи с «простыми мелодиями» и было определено понятие формы во временной области; теория информации может опереться на эти работы [VII-6]. Следует заметить, что в большинстве этих работ их авторы при определении мелодической структуры исходят из существования гамм.

Однако мы должны предварительно отметить следующее.

1. Мелодическая часть¹⁾ музыкального сигнала является только одним из элементов, создающих организацию сигнала. Этот элемент, по-видимому, вовсе не определяет ни модуляцию по длительности (так как модуляция может быть самой различной), ни игру оттенков («мелодия звуковых оттенков» — *Klangfarbenmelodie* по Шёнбергу [K-7]), ни динамическую игру: ритмическую (джаз и «экзотическая» музыка, например, о-ва Ява [K-8]) или аритмическую (экспериментальная музыка [K-23]).

Мелодическая часть проявляется в чистом виде, когда сообщение и инструмент настолько упрощены, что игра сводится к невыразительному свисту осцилляторов. Этот свист состоит из наиболее элементарных мелодических фраз. Он представляет собой нечто вроде предела банальности музыкального сигнала, лишённого глубокого эстетического интереса. Эстетический интерес, очевидно, является синонимом *богатства* сообщения. Мелодия обедняет сообщение, но делает его понятным. В пределе мелодическая пентатонная фраза из нескольких нот представляет собой лишь скелет музыки, такой скелет, который «аранжировщик» легкой музыки облекает в гармонические формы, тембры, вариации, пока не придаст ей законченный вид.

2. Мелодические формы далеко не являются основными элементами понятности в музыке, если только они оказываются включенными в сколько-нибудь сложную структуру. В опытах Франса, проводившихся совместно с автором [IV-24], оказалось, что при угадывании темы фуги слуша-

¹⁾ Имеется в виду звуковысотная, или мелодическая, линия.—

тели очень мало исходят из мелодической структуры, которая автору представлялась очевидной; все слушатели, даже музыканты, исходили из специфических особенностей морфологии музыкального сообщения (громкость, переходные звуки), а не из мелодической темы.

Впрочем, даже восприятие профессионального музыканта зависит от наиболее простых феноменологических факторов; степень такой зависимости определяется его музыкальной культурой. В упомянутых опытах [IV-24] по восприятию музыкальных структур только двое из десяти профессиональных музыкантов смогли правильно опознать подробности структуры одной классической фуги Баха, причем их мотивировка содержала ссылки на точку зрения слушателя, исходящего из размерностей звукового объекта (в частности, из динамического развития).

3. Тем не менее мелодические формы (музыкальные фразы, которые можно транспонировать, повторяющиеся темы в фуге и вариации) при современном состоянии теории информации рассматриваются *уже как очень сложные* по сравнению с гораздо более простыми формами, изучавшимися в гл. II. Методы этой теории описывают удовлетворительным образом лишь такие элементарные временные формы, как качественно воспринимаемая периодичность звуковой материи, ритмичность в чистом виде и некоторые виды симметрии. По-видимому, в этом направлении исследование пространственных визуальных сообщений может пойти гораздо быстрее, чем исследование временных сообщений.

Некоторые из общих понятий, введенных в гл. II, все же можно использовать для получения определенных сведений. Один из наиболее существенных результатов состоит в том, что на первом же этапе устанавливается соответствие между *формой* и *автокорреляцией*. Восприятие формы следует понимать как непосредственное восприятие значения корреляционной функции сообщения при различных значениях задержки τ , т. е. как предсказуемость будущих значений случайного сообщения по значениям этого сообщения в прошлом. Таким образом, подтверждается регулярность внешнего мира, отражаемая в состоянии ожидания следующих событий, что хорошо согласуется с экспериментами теории формы («дополнение незавершенных фигур»).

Это важное положение будет и в дальнейшем определять направление исследований очень сложной области — мелодии. Мелодия рассматривается как последовательность простых «интервалов», а интервалы определяются как

«простые приближенные отношения» частот (или высот). Если мы исследуем одну только мелодию без аккомпанемента и гармонии, то звуки полностью определяются нотами и можно очень просто показать математически, что при задержках, соответствующих двум последовательным нотам (или при больших задержках), существует заметная корреляция между значениями сигнала. Оказывается, что эта корреляция всегда значительно больше той, которая получилась бы, если бы частоты звуков, соответствующих двум последовательным нотам, не находились в целом отношении.

Однако значения корреляционной функции сильно зависят от спектральной структуры каждого звукового объекта — ноты, а именно: 1) от ее простоты (отсутствие случайных явлений); 2) от ее «чистоты», т. е. от наличия основного тона (физики часто называют его основной гармоникой); 3) от сходства двух (или более) звуковых объектов, корреляция между которыми исследуется. Кроме того, вычисления показывают, что «гармоники» (частоты, кратные основной частоте, совокупность которых образует собственный звук с его тембром) в общем случае представляют собой колебания с частотой, флуктуирующей вокруг «номинального» значения (понятие негармоничности, отмеченное в § 4). При этом автокорреляционная функция сохраняет в среднем отличное от нуля значение. С другой стороны, слишком точное равенство этих частот и их номинальных значений приводит к уменьшению автокорреляционной функции временного сигнала, так как неизбежны другие флуктуации (фазы).

Из этого полутеоретического анализа можно сделать следующие выводы:

1. Для того чтобы мелодия воспринималась в целом как форма, каждая последующая нота должна воспроизводиться источниками (инструментами) с одинаковыми гармоническими характеристиками, но ни в коем случае не источниками, сильно отличающимися в спектральном отношении.

2. Эти источники должны создавать чистый основной тон, четко выделяющийся среди других элементов, образующих звук.

3. Наконец, как следует из последнего замечания, звуковые объекты не должны быть слишком короткими, поскольку существует соотношение между числом элементов в символах и минимальным временем восприятия $K/\Delta t = N$, поэтому в слишком коротких звуках увеличивается спектральный диапазон и растет сложность спектра, в котором может раствориться основная составляющая.

Короче говоря, чтобы звуковые объекты могли образовывать удовлетворительную форму, они должны иметь простые и сходные структуры. Эти теоретические заключения хорошо подтверждаются практикой оркестров: как правило, мелодическая партия поручается одному инструменту или группе согласованных инструментов; когда же она поручается инструментам со сложным тембром или сопровождается другими мелодиями, с которыми связана контрапунктом или сложной полифонической структурой, то ее отчетливо выделяют из общей оркестровой звуковой массы по громкости. Эти замечания, носящие эмпирический характер, подтверждают ранее изложенную точку зрения.

При представлении мелодической формы через корреляционную функцию существование «простых» отношений считается теоретически оправданным; с другой стороны, правило «простых» отношений носит совершенно случайный характер, и именно поэтому возможно существование «формы» несмотря на то, что ее части вовсе не имеют идеальной точности. Это оправдывает эмпирический подход к понятию последовательности простых отношений; такой подход характерен для критического анализа физиков в противоположность традиционному музыкальному учению, насквозь пропитанному воззрениями пифагорейской школы, восходящими еще к античным истокам этого учения ¹⁾.

Тем не менее совершенно очевидно, что приведенный здесь краткий анализ не может служить основой для выводов, поскольку этот анализ носит упрощенный характер; он явно недостаточен для того, чтобы внести полную ясность в понятие мелодической фразы.

Интерпретируя соотношение между семантической и эстетической информацией, мы трактуем понятие формы как предсказуемость. При этом мы замечаем, что предсказуемость ограничивает возможности выбора групп символов в определенных последовательностях звуковых объектов и тем самым увеличивает избыточность семантического сообщения. Таким образом, существование мелодических форм можно свести к случайному восприятию такого ограничения скорости передачи информации. Что же касается эстетической информации, то она также ограничена в той мере, в какой ограничен выбор тембра, т. е. внутренняя структура звуковых объектов. В дальнейшем мы увидим, что это в самом деле так.

¹⁾ Относительно античной музыкальной теории см. Лосев [*IV-45, * V-25].— *Прим. ред.*

В мелодическом пассаже устанавливается некоторая очень слабая связь между сообщениями двух типов; грубо говоря, в обоих случаях уменьшению скорости передачи информации соответствует возрастание понятности. Мелодия остается более понятной по сравнению с полифонией или с последовательностью музыкальных фраз.

В действительности применение бесконечного ограничения к очень сложным оркестровым сообщениям показало, что в первую очередь усваивается исполнение мелодической темы на одном инструменте, тогда как более красочное исполнение этой темы оркестром воспринимается с трудом, оно легко «тонет» в шумах квантования.

Наконец, в тех же опытах было установлено, что имеется чередование двух типов информации: семантической и эстетической, чередование по существу нерегулярное, но воспроизводящее нерегулярности звуковой материи в целом: игра звуковых объектов, объединенных в ячейки, концы мелодических фраз, или их «коды», и т. д. Точнее говоря, опыты указывают на существование какого-то «контрапунктического» ¹⁾ *противопоставления* семантика/эстетика: информация каждого типа в отдельные периоды времени соответственно уменьшается (в частности, в мелодических темах), а затем изменяется независимо, или же уменьшение одного типа информации приводит к увеличению другого. Таким образом, получаются *пакеты информации*, распределенные во времени нерегулярным образом.

Эти замечания позволяют нам подойти к исследованию макроструктур, образующихся при композиции музыкального сообщения, рассматриваемого в большом масштабе.

§ 7. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ МЕЖДУ СЕМАНТИЧЕСКОЙ И ЭСТЕТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИЕЙ И МАКРОСТРУКТУРЫ

В § 4 мы построили схему иерархии структур, на которой для наглядности изобразили отдельно организацию семантических и эстетических сообщений. Имеющийся опыт показывает, однако, что такое разделение представляет собой чрезмерное упрощение существа дела и недостаточно хорошо соответствует природе вещей. В действительности, как легко понять, между двумя типами информации существует взаимодействие, поскольку исемантическую и эстетическую информацию несут одни и те же элементы, рас-

¹⁾ О понимании этого термина А. Модем см. в Послесловии. — *Прим. ред.*

смаатриваемые приемником как группы из наборов различных символов. Изучение этого взаимодействия семантика — эстетика, вероятно, позволит нам найти подход к исследованию более общих макроструктур сообщения, чем мелодия, и выйти за пределы оперативной («мгновенной») памяти. Заметим, что некоторые авторы (Ф е р с т е р [II-8]) уподобляют эту память послесвечению («фосфоресценции») воспринимаемого образа, продолжающемуся после воздействия возбудителя, и именно этим объясняют непрерывность становления будущего (гл. III, § 6).

Сформулируем предварительно один закон, представляющий собой простое следствие основной формулы для меры информации [уравнение (1.13)].

Закон повторения. Когда одно восприятие (группа символов, звуковых объектов, ячеек) повторяется n раз, уровень информации, создаваемой источником, уменьшается как двоичный логарифм числа повторений:

$$\Delta R = -K \log_2 n.$$

Этот закон управляет организацией последовательностей, образующих музыкальное сообщение, и множеством *повторений*, составляющих один из самых существенных приемов композиции.

Следовательно, повторения можно истолковать как способ уменьшения полной оригинальности сообщения, и с этой точки зрения логарифмический закон подчеркивает важность *первых повторений* звукового объекта или звуковой ячейки. Здесь интересно напомнить о роли простой симметрии (однократное повторение) при восприятии формы (случай пятен Роршаха) и в еще большей степени о роли многократной симметрии (калейдоскоп): имеет место связь между понятностью (*intelligibilité*) воспринимаемых форм и степенью симметрии.

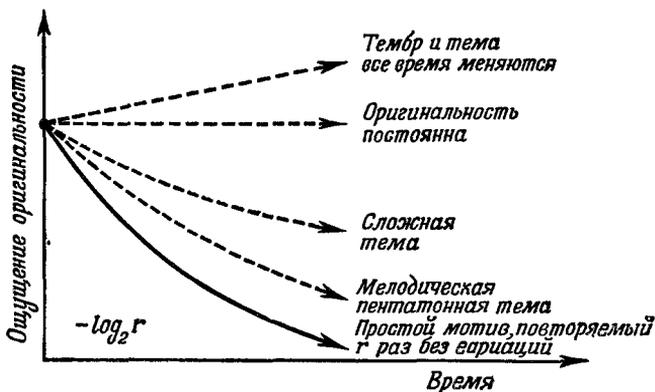
Во временном сообщении точное повторение звуковой ячейки или звукового объекта возможно лишь в предельном идеальном случае. В музыкальной практике при последовательных повторениях всегда возникают видоизменения, причем вариации, вызванные колебаниями при исполнении, составляют более частный случай, а в общем виде вариации бывают обусловлены партитурой.

Можно классифицировать некоторые из этих видоизменений в порядке их усложнения, т. е. увеличения богатства сообщения:

а) простое повторение символов со случайными видоизменениями при исполнении;

б) повторения с изменением голоса (секвенция, изменение регистра [К-9]);

- в) повторения с вариациями структуры звуковых ячеек (повторение одной темы различными инструментами [К-10]);
- г) повторения с изменением аккомпанемента [К-11];
- д) повторения с вариациями второго голоса [К-12];
- е) повторения с изменением темы в ее развитии (фуга [К-13]);
- ж) вариации на заданную тему [К-14];
- з) повторения, разделенные другой темой ¹⁾ [К-15].



Фиг. 13. Убывание во времени оригинальности темы, повторяемой r раз.

Убывание оригинальности подчиняется логарифмическому закону. Если тема слишком сложная или сопровождается вариациями, убывание происходит медленнее

Этот список далеко не полон, и, кроме того, следует отметить то обстоятельство, что благодаря всем этим вариациям само повторение постепенно преобразуется и устраняется по мере того, как увеличение избыточности, вызываемое повторением, компенсируется увеличением оригинальности, возобновляемой этими вариациями. Избыточность уменьшается еще быстрее, если некоторые из перечисленных способов комбинируются. Если изобразить изменения информации в зависимости от времени или от числа повторений исходной элементарной формы, имеющей почти постоянную длительность, то получится нечто вроде графика, изображенного на фиг. 13. За единицу измерения принята информация, содержащаяся в исходной форме, причем эта информация с самого начала всегда одинакова. Однако элементарная форма, из которой мы исходили вначале, несет некоторый объем целостной информации, зави-

¹⁾ Например, музыкальная форма *рондо*. — *Прим. ред.*

сящий от гармонической структуры формы, от ее сложности и от эффективно используемого богатства формы. Можно было бы попытаться построить аналогичные зависимости, взяв за основу другие факторы:

а) число нот или звуковых объектов, входящих в ячейку, образующую мелодическую фразу;

б) сложность гаммы используемых высот: квинта, кварта, пентатонная гамма, гептатонная гамма, додекафонная гамма ¹⁾;

в) сложность второго голоса или аккомпанемента;

г) богатство звуковых объектов, используемых для выражения темы (богатство оркестровки, сложность состава оркестра, усложнение тембра);

д) существование фиоритуры или микромелодических орнаментов и т. д.

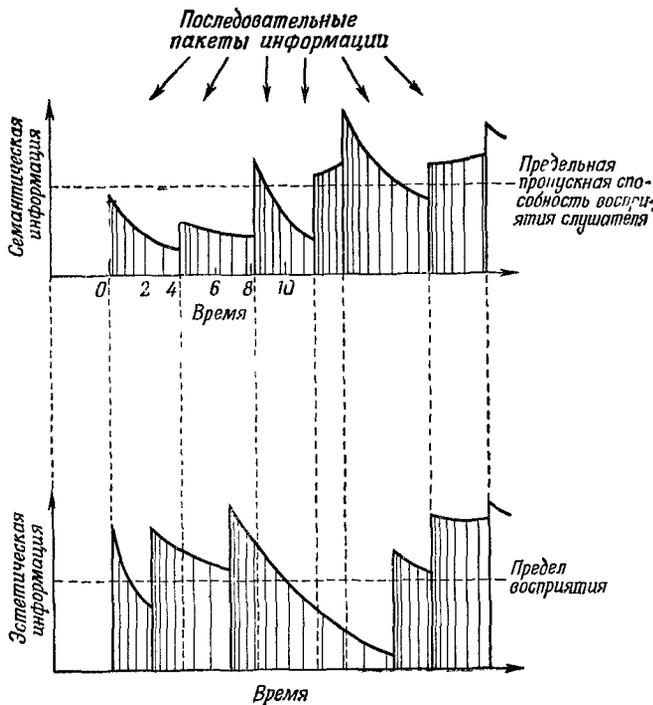
Очень легко провести сравнение оригинальных тем во фрагментах симфонических произведений, например в начале отрывков. При этом проявляются указанные факторы, определяющие оригинальность [К-15]. Автором была осуществлена экспериментальная запись музыкальных отрывков с различным уровнем информации, наподобие образцов текстов, приведенных в гл. I.

Если на графике, аналогичном предыдущему, по вертикали отложить уровни информации, то скачки кривой, соответствующие резкому изменению информации, будут происходить на различной высоте. Определив мгновенную скорость изменения информации как приращение информации за квант длительности (т. е. за минимальное время восприятия), исследуем простое музыкальное сообщение, образованное несколькими звуковыми ячейками, которые повторяются по нескольку раз, а затем сменяются другими ячейками. В этом случае скорость передачи информации будет меняться во времени, как показано на фиг. 14. Естественно, что это лишь весьма схематическое представление.

Итак, один из основных принципов применения общей теории к человеку как приемнику информации (см. гл. II, § 2) можно сформулировать следующим образом: *человек-приемник обладает некоторой предельной пропускной способностью H_0 восприятия информации* (оригинальности). Эта предельная пропускная способность не обеспечивает мгновенной передачи сообщения, а в зависимости от скорости поступления информации в сообщении связана

¹⁾ Гамма — звукоряд в пределах интервала октавы. Пентатонные, гептатонные (или диатонические) и додекафонные гаммы — соответственно пяти-, семи- и двенадцатиступенные звуковые системы. — *Прим. ред.*

с оперативной («мгновенной») памятью с задержкой порядка 5—10 сек (эта величина уже неоднократно встречалась нам раньше). Такая задержка психологической интеграции представляет собой своего рода «задержку непрерывности» (continuity time lag) восприятия человека, она связана только с оперативной памятью, а не со всем объемом логической памяти. Предельная пропускная способность человека зависит от полного объема



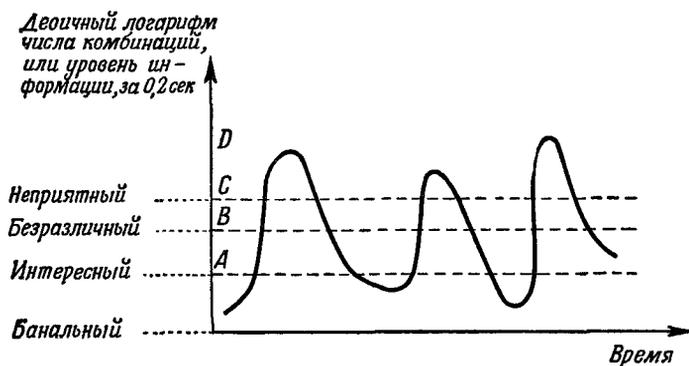
Ф и г. 14. Последовательные пакеты семантической (вверху) и эстетической (внизу) информации, поступающие к слушателю.

знаний о структуре сообщений, которыми располагает принимающий субъект, а этот объем знаний в свою очередь зависит от образования человека, его социально-культурной среды и т. д.

Мы уже знаем, что если скорость поступления информации в данном сообщении превышает указанный предел, то сообщение имеет *слишком богатое* содержание и приемник не может усвоить его целиком; он может усвоить только отрывки сообщения, выхваченные либо случайным обра-

вом, либо согласно общим правилам, которые следует еще найти.

Практически именно так обстоит дело с музыкальным сообщением: оно несет огромный объем информации, и предшествующие замечания приводят нас к понятию *ограничения скорости информации*. Если мы на предыдущем графике нанесем эти предельные скорости передачи информации в виде пунктирных линий, расположенных для людей *A, B, C, D* на различной высоте (предел восприятия) в соответствии с уровнем их «музыкальной культуры» (термин, впрочем, довольно неясный), то окажутся возможными следующие три случая (фиг. 15):



Фиг. 15. Пределы восприятия различных слушателей (пунктирные линии *A, B* и *C*), ограничивающие усвоение и, следовательно, интерес к музыке.

1. Кривая скорости передачи информации в основном проходит выше предела восприятия (индивидуум *A*). Для этого человека сообщение имеет слишком богатое содержание, оно «захлестывает» его, он как бы тонет в нем. Сообщение представляет для него интерес только в отдельные моменты, когда он способен быть внимательным.

2. Функция скорости передачи информации колеблется вокруг предела восприятия индивидуума (случаи *B* и *C*). Такое положение имеет место в общем случае: человек получает пакеты информации, превосходящие его пропускную способность, затем при последовательных повторениях он более или менее полно воспринимает всю информацию или часть ее. Во всяком случае, уровень информации музыкального сообщения в целом превосходит пропускную способность приемника, он не в состоянии исчерпать музыкального сообщения и может надеяться хорошо узнать это сообщение только после многократных прослушиваний.

Все это хорошо согласуется с данными социологической статистики, касающимися прослушивания музыки в современном обществе.

3. Наконец, может оказаться (случай *D*), что предел восприятия человека-приемника лежит выше кривой скорости передачи информации. Это может произойти в двух случаях. Во-первых, человек может располагать полными исчерпывающими знаниями о сложном музыкальном сообщении. Это скорее исключительный случай, поскольку даже по отношению к лучшим виртуозам или дирижерам всегда имеется какой-то остаток неопределенности, непредсказуемости и имеются сообщения с таким богатым содержанием, что они никогда не бывают полностью избыточными. Во-вторых, сообщение может быть очень простым или повторяться так много раз, что оно становится банальным (позывные по радио, простые ритмические речитативы, популярные мелодии). Такой случай встречается очень часто. «Легкую» или, точнее, «развлекательную» музыку («*Unterhaltungsmusik*») может полностью воспринять огромное большинство слушателей.

Рассмотренная схема музыкального восприятия последовательности простых повторяющихся тем основана на исследовании изменения оригинальности во времени. Эта схема имеет только эвристическую ценность: хотя пределы ее применимости ограничены, поскольку она не учитывает контрапункта, полифонии и т. д., она все же разъясняет большое число разрозненных фактов, касающихся слушания музыки людьми с различной музыкальной культурой. В частности, оказывается возможным количественно исследовать социально-культурные и социально-эстетические аспекты восприятия. Например, схема подсказывает, что для каждого музыкального отрывка можно определить индексы «понятности» (точнее, разборчивости на слух) с помощью методов, аналогичных методу Флеша [III-1] для печатных текстов, а также средние индексы музыкальной культуры, пригодные по меньшей мере для оценки достаточно широко понимаемых музыкальных стилей (классический, современный) и облегчающие сложную задачу исследователей в области социальной эстетики, и т. д.

Изображение предела восприятия в виде горизонтальной прямой — это всего лишь абстракция. Ближе к действительности была бы хорошо известная в экспериментальной психологии кривая, отражающая изменения внимания или восприимчивости. Эта кривая на больших отрезках времени имеет слабо выраженный периодический характер (ср. исследования порогов слышимости в функ-

ции времени, периодические изменения частоты ошибок в тестах с преградами или в опытах Крепелина [VII-7]). Усталость или расслабленность приводит к постепенному снижению предела восприятий и т. п.

Возможность различать семантическую и эстетическую информацию имеет большое значение, поскольку это позволяет перейти от исследования довольно узкой области, которой мы только что ограничивались, — последовательности повторяющихся тем — к другим задачам. В конце предыдущего параграфа мы на основе различных опытов сделали вывод о том, что изменениями оригинальности в музыкальном отрывке управляет своеобразное противопоставление («контрапункт») семантика/эстетика. Существенное различие между этими перекрывающимися сообщениями двух разных типов, возникающее из-за различия организационных структур и символов, приводит к тому, что принцип ограниченности восприятия выполняется отдельно для структур каждого типа. Например, мы уже отмечали, что многие исполнители обладают высокой «пропускной способностью» для восприятия операционной схемы, выраженной в символах партитуры, и в то же время не очень восприимчивы к оригинальности исполнения. С другой стороны, такие расплывчатые термины, как «тонкость», «смелость», «мощь», широко используемые для характеристики игры исполнителя или дирижера слушателем-непрофессионалом, указывают, что, обладая довольно высоким пределом восприятия эстетической информации, он может почти полностью игнорировать оригинальность или банальность семантической части музыкального отрывка. Такой слушатель может *при чтении партитуры* не суметь отличить Моцарта от Листа, но, возможно, он и *не стремится* к этому: у него совсем другая точка зрения.

Схема изменений информации в сообщении, таким образом, делится на две части, соответствующие суперпозиции двух почти независимых пределов восприятия, показанных на фиг. 14. Совершенно ясно, какую роль играет закон повторения применительно к семантической информации. Однако применительно к эстетической информации эта роль уже не столь очевидна: повторение мелодической темы часто влечет за собой повторение тембра при оркестровке и т. д., а также и повторение переходных звуков в звуковых объектах. С другой стороны, «пакет эстетической информации» может быть вызван изменением игры инструментов, которое останется едва заметным в семантическом сообщении. Действительно, термин «контрапункт» означает, что два сообщения (семантическое и эстетическое) взаимно определяют друг друга, но определяют случайным

образом в зависимости от того, какое значение имеет один и тот же элемент информации. Оказывается, что именно ранее сформулированное правило ограничения скорости передачи информации определяет границы возможности исчерпывающего восприятия музыкального сообщения.

В общем случае слишком богатый тембр, слишком сложный звуковой объект, слишком резкие нарастания звука [К-17], образованные из очень большого числа акустических элементов, сгруппированных по достаточно свободным правилам гармонии и мелодии, почти всегда оказываются разделенными либо периодами тишины, либо контекстом со слабым семантическим содержанием, либо медленно изменяющимися ячейками. Такие сообщения должны часто повторяться и только после этого уступать место другим сообщениям.

Если же ухо слушателя воспринимает передачу предсказуемых элементов как слишком банальную и слушатель не находит сообщение достаточно разнообразным, можно достичь этого разнообразия, либо обогатив звуковой объект, либо усложнив структуру ячейки.

Исходя из ограничения средней оригинальности

$$\frac{1}{\theta} \int_t^{t+\theta} R(t) dt < H_0$$

в максимальном интервале задержки одного ощущения $\theta_{\text{мин}} \approx 5-10$ сек, можно точнее выразиться следующим образом: для того чтобы музыкальное сообщение оставалось полностью понятным для слушателя с пропускной способностью H_0 , сумма семантической и эстетической информации в этом интервале должна быть меньше H_0 ¹⁾. Этим устанавливается определенное взаимное уравновешивание информации каждого типа, диалектическая игра между этими двумя типами информации.

Область применения этого правила ограничена, поскольку приходится делать предположение о существовании полной понятности музыки, предположение, по-видимому, едва ли обоснованное, поскольку при сочинении музыки композитор мало заботится о ее понятности — по крайней мере в современной западной музыке, которая все решительнее отходит от возможностей восприятия, свойственных «средней публике». Композитор руководствуется в основном соображениями художественного порядка, и в

¹⁾ Следует иметь в виду, что рассуждения о двух видах информации здесь не носят количественного характера и не предполагают определенных процедур измерения.— *Прим. ред.*

общем случае его намерения превышают способности восприятия потенциальных слушателей. Правда, имеются и исключения (музыка к кинофильмам, к мультипликациям, педагогическая музыка [К-18])¹⁾.

Для музыканта принцип ограниченности восприятия семантического и эстетического сообщений может быть по настоящему интересен лишь в применении к правилам композиции таких исключительных сочинений, как музыка к кинофильмам. Практически, чтобы полнее сформулировать правила или законы, следовало бы ввести *оценочные суждения* о музыке, чуждые научной эстетике в собственном смысле слова, что значительно сузило бы область ее применения.

Вообще говоря, правило понятности играет второстепенную роль, границы применимости законов противопоставления этих двух видов информации все еще очень расплывчаты, и в дальнейшем потребуются кропотливые исследования большого числа музыкальных произведений. Тем не менее имеются важные случаи, когда понятность слухового восприятия является существенной. Так обстоит дело со сложными составными сообщениями или с собственно музыкальными сообщениями, сопровождающими или поддерживающими другие сообщения — звуковые (слово в речитативе, опера и т. д.) или зрительные (театральное действие, кинематограф). С этого момента музыка уже не есть чистое искусство, она входит составной частью в целостное сообщение и образует «контрапункт»²⁾ с элементами этого сообщения. При этом музыка определяется другими факторами, среди которых не последнюю роль играет способность *слухового восприятия*. Замечаниям о сообщениях такого типа будет посвящена следующая глава.

§ 8. ВЫВОДЫ

Заканчивая настоящую главу, посвященную изучению восприятия музыкальных структур, мы можем уже попытаться ответить на вопрос, поставленный вначале в виде парадокса. Если пластинку с музыкальной записью можно

¹⁾ Эти соображения Моля нуждаются в существенных коррективах, так как в настоящее время имеются веские основания считать, что у крупнейших композиторов современности (Шостакович, Прокофьев, Стравинский, Шёнберг, Онеггер и другие) имеется достаточно широкая аудитория.— *Прим. ред.*

²⁾ Расширительное употребление термина «контрапункт» для описания взаимодействия музыки с другими видами искусства принято и другими авторами, в частности С. М. Эйзенштейном.— *Прим. ред.*

поместить в каталог, набор которого составляют *символы* (название или номер произведения), причем индивидууму известно значение и, следовательно, содержание символа, то почему же название — это еще не симфония, зачем слушать или вновь смотреть произведение искусства, которое по существу сводится к *повторению* уже известного?

Вывод, к которому мы пришли в этой главе, позволяет прежде всего подвергнуть критике утверждение «индивидууму известно значение и, следовательно, содержание символа» («название» симфоний), поскольку только с большой натяжкой индивидуума можно уподоблять приемнику информации, аналогичному машине с запоминающим устройством. Употребляя термин «память» применительно к человеку, следует помнить, что имеются два различных вида памяти:

— Память, сохраняющая информацию в течение длительного времени; ее можно сравнить с постоянной памятью машин (гл. III, § 5), однако в художественном опыте человека она только изредка и нерегулярно играет какую-нибудь роль.

— Оперативная память, нечто вроде «послесвечения» воспринимаемого образца. Длительность этого послесвечения, по-видимому, ограничена величиной того же порядка, что и время насыщения нашего восприятия. Мы уже говорили об этом, когда установили, что длительность отмечается в нашем восприятии только при насыщении восприятия, что и обеспечивает преемственность сознания индивидуума.

Только оперативной памяти человека присущи постоянство и устойчивость, позволяющие рассматривать его как приемник информации с памятью, ограниченной во времени.

А. Первая и наиболее очевидная причина, по которой человек, способный усвоить целиком лозунг или музыкальные позывные, не может принять название за симфонию и первую строку за стихотворение, состоит в ограниченной емкости его памяти. Сколько бы человек ни знал о театральной пьесе, он, не зная ее все же в совершенстве, пойдет снова смотреть ее, чтобы получить дополнительную информацию о перипетиях действия; это положение слишком очевидно, чтобы на нем надо было подробнее останавливаться.

Б. Другая причина является следствием различия между семантической и эстетической информацией. Ин-

формацию несут различные символы; кодирование симфонии или театральной пьесы при помощи названия связано с ограниченными системами символов и структурными ограничениями. Эти символы и структуры описывают то, что возможно предсказать в сообщении, они главным образом относятся к его семантической части; однако эстетическое сообщение остается почти полностью непредсказуемым. Под названием произведения всегда подразумевается *только* одно и то же множество символов, тогда как различные *исполнения* музыкального произведения каждый раз отличаются друг от друга¹⁾, они образуют *пространство степеней свободы* произведения. Степени свободы имеются даже у тех произведений, которые кажутся неизменными во времени и по отношению к нашему опыту (различное освещение одного и того же портрета). Звукозапись заметно уменьшает оригинальность при воспроизведении, но здесь уже начинают сказываться изменения *самого приемника*: он не остается строго тождественным самому себе, а испытывает небольшие изменения. Эти изменения с методологической и теоретической точек зрения удобно рассматривать как изменения восприятия сообщения.

В. Есть еще третья причина того, что произведение не укладывается в рамки любой системы кодирования, уместяющейся в памяти. Причина эта — огромное число степеней свободы эстетической информации. Если еще допустимо принять, что содержащаяся в произведении искусства семантическая информация может быть воспринята и в известных случаях удержана в памяти, то *эстетическая сущность художественного произведения по богатству содержания намного превышает пропускную способность восприятия человека*. Цель воспроизведения — дать возможность исчерпать художественное сообщение или хотя бы приблизиться к этому. Симфония, картина, фильм, мультипликация — эти сообщения несут информацию, практически неограниченную по сравнению с пропускной способностью человеческого восприятия. Чтобы уменьшить оригинальность сообщения и воспринять заметную долю содержащейся в нем информации, следует многократно воспринимать его до тех пор, пока не будет достигнут уровень информации, при котором сообщение усваивается.

Существует известное правило социологии музыки: публика проявляет интерес только к уже знакомым

¹⁾ Вероятно, в какой-то мере можно предсказать и *исполнение* музыкального произведения, если иметь в виду конкретное исполнителя, конкретную исполнительскую манеру.— *Прим. ред.*

произведениям. Это правило показывает, что *узнавание* музыкального произведения играет очень важную роль¹⁾.

Но исчерпываются ли особенности эстетической точки зрения тремя довольно схематическими положениями, только что приведенными нами для обоснования причин, по которым произведение не может целиком храниться в памяти субъекта-приемника? Э. Сурио (E. Souriau) считает, что это не так и что понятие мысленного образа (*image mental*), лежащее в основе предыдущих рассуждений, не описывает исчерпывающим образом эстетическое восприятие независимо от того, закодирован ли этот образ (в случае человека, мыслящего образами в соответствии с п. А и Б) или он по богатству содержания асимптотически стремится к самому произведению искусства (в случае человека, наделенного воображением, п. В). Имеется еще остаток восприятия, и этот остаток связан с *ощущением присутствия*; сенсуалистский характер этого термина довольно очевиден.

Каким бы сложным ни был мысленный образ и как бы он ни восстанавливался в воображении: через посредство закодированных символов (Лангер [VII-1]) или через посредство отрывочных восприятий, вызывающих этот образ в памяти и воссоздающих его из конкретных элементов,— мысленный образ не в состоянии раскрыть феноменологическое содержание действительности. Как бы хорошо я ни знал меблировку своей комнаты, расположение и мельчайшие детали всех находящихся в ней предметов, как бы подробно я ни мог все это мысленно воспроизводить, я все-таки не могу воссоздать ощущение присутствия, какое я имел бы, войдя в комнату. Существует еще эстетическое удовольствие от воспроизведения, даже схематического: удовольствие насвистывать мелодию, напевать при чтении партитуры, делать набросок картины, переписывать отрывки из книги, которая у нас есть. Этот процесс имеет самостоятельное эстетическое значение, независимое от других, перечисленных выше; это значение «возвращения первоначального ощущения» (*resensualisation*) вещи.

Мы ограничимся здесь простым упоминанием об этой проблеме, тесно связанной с определением присутствия.

¹⁾ Современные работы по теории литературы показали, что и литературные произведения в большинстве коллективов воспринимаются прежде всего, если они заранее известны. Эта закономерность в особенности наблюдается по отношению к фольклорным произведениям «экзотических» народов, цивилизации которых развивались независимо от европейской, см., Хэмп Э., Словарь американской лингвистической терминологии, Изд-во «Прогресс», 1964, стр. 105 (слово *Литература*).— *Прим. ред.*

Для анализа указанной проблемы в духе нашей работы понадобилось бы основательно расширить схему «человека-приемника», которую мы здесь изложили очень кратко. Это исследование относилось бы к области кибернетики, а не теории информации, и уж во всяком случае не к психологии поведения. С экспериментальной точки зрения, очевидно, потребовалось бы доводить мысленные образы до их крайнего предела (такой примерно эффект дает применение некоторых наркотиков). В таком опыте образы должны были бы строиться на основе элементов эстетического сообщения, вызывающих определенные мысли, другими словами, на привлечении скрытого содержания памяти, которое не может быть непосредственно использовано в механике нашего мышления¹⁾.

Основные результаты, полученные в этой главе, можно резюмировать следующим образом:

1. Недостаточность символического кодирования известного нам сообщения с помощью, например, «заглавия» показывает, что приемник извлекает из сообщения (особенно когда это произведение искусства) информацию, отличную от рассмотренной в предшествующих главах

2. С точки зрения человека — приемника информации в сообщении следует различать:

- семантическое сообщение, выражаемое с помощью символов, определяющее решения, «переводимое», логически обусловленное, и
- эстетическое сообщение, определяющее внутреннее состояние, «непереводимое».

3. Каждое из этих сообщений, передаваемых с помощью одних и тех же элементов, сгруппированных по различным правилам на различных уровнях восприятия, обладает своей максимальной информацией, которую можно определить в зависимости от числа элементов набора; эти сообщения обладают своей действительной информацией и, следовательно, своей собственной избыточностью, причем эти величины для семантической и эстетической информации почти независимы.

4. В области речи не существует сообщений, которые не содержали бы семантической и эстетической частей; по-видимому, здесь эти части играют приблизительно

¹⁾ Канадский нейрохирург Р. Пенфилд разработал методы, позволяющие искусственно вызывать ощущение некоторых восприятий, в том числе восприятия фоном, посредством возбуждения коры головного мозга электродами, см. Penfield W., Roberts L., Speech and Brain Mechanisms, Princeton, 1959.— *Прим. ред.*

равную роль. В музыке эстетическое сообщение несоизмеримо богаче элементами, оно содержит больше информации, чем семантическое сообщение, поскольку в последнем велика избыточность, возникающая из-за многочисленных, впрочем, довольно произвольных логических связей, образующих гаммы и правила композиции.

5. Правила образования последовательностей, создающие организацию и наборы символов в сообщении данного типа, определяют структуру этого сообщения. Они позволяют сделать первые шаги в изучении структур с позиций экспериментальной эстетики и теории информации.

6. Эстетическая информация представляет собой *пространство степеней свободы* музыкального сообщения относительно системы его нотации (партитуры), составляющей лишь схему музыки.

7. Поэзия представляет собой промежуточную ступень между речью и музыкой с точки зрения соотношения между двумя типами информации.

8. Можно экспериментально различить два типа информации в сообщении, применяя для этого процесс фильтрации, выражающийся в

— *бесконечном ограничении*, выделяющем большую часть семантической информации в ущерб эстетической информации, и

— *инверсии*, выделяющей большую часть эстетической информации в ущерб той части семантической информации, которую обычно извлекают при развитии сообщения во времени.

9. Из экспериментов над речью и музыкой следует, что

- а) семантическая информация существенно связана с изменением длительности и ее квантованием на микроритмы;
- б) музыка и речь совершенно по-разному изменяются при инверсии, которая разрушает почти всю семантическую информацию во втором случае и гораздо меньше изменяет ее в первом случае;
- в) инверсия позволяет отделить в речи истинные согласные (переходные процессы, воспринимаемые в зависимости от формы) от истинных гласных (воспринимаемых в зависимости от качества звуковой материи);
- г) истинные гласные несут большую часть эстетической информации, а истинные согласные — большую часть семантической информации;

- д) наше чувственное восприятие длительности основано главным образом на указателях направления времени, которыми служат переходные процессы, поскольку восприятие исчезает вместе с ними. Отсюда можно вывести правила, относящиеся к инверсии музыкальных сообщений;
- е) инверсия во времени дает возможность исследовать социально-культурный аспект условностей в музыке: в «экзотической» музыке, условия которой нам неизвестны, художественная ценность исходного и инвертированного произведений для нас, по-видимому, не очень сильно различается.

10. Метод инверсии представляет собой один из самых мощных методов экспериментальной эстетики; он позволяет получать важные результаты, поскольку дает возможность производить эксперименты над временем.

11. Переносимую сообщением информацию можно полностью или по частям измерить, если определить:

- а) максимальную пропускную способность канала, исходя из психофизического исследования его параметров;
- б) эффективную избыточность сообщений, что сводится к выборочному разрушению воспринимаемых символов до тех пор, пока не будут разрушены взаимные связи элементов сообщения.

12. Звуковые формы, образующие мелодические структуры, воспринимаются непосредственно как автокорреляционные функции, основанные на эмпирических соотношениях между числами, которые образуют то, что теория музыки называет гаммами.

13. Восприятие мелодических структур определяется максимальной длительностью ощущения, величиной того же порядка, что и время насыщения восприятия. Эта максимальная длительность ощущения обеспечивает непрерывность становления во времени. Мелодическая фраза, звуковая ячейка воспринимается как целое только в пределах этого временного интервала.

14. Повторение звуковых объектов, звуковых ячеек, мелодических фраз приводит к тому, что их оригинальность уменьшается пропорционально двоичному логарифму числа повторений (со знаком минус).

15. Музыкальное сообщение представляет собой последовательность пакетов оригинальности с различным

объемом. В этих пакетах оригинальность более или менее медленно затухает в зависимости от числа повторений и от сложности вариаций, производимых при повторении.

16. Поскольку для каждого человека-приемника существует предел восприятия информации, зависящий от его музыкальной культуры и социально-культурной среды, значение этого предела определяет степень восприятия музыкального сигнала в зависимости от скорости передачи информации в этом сигнале.

17. Существует своеобразное взаимодействие, «контрапункт», между семантической и эстетической информацией, которые нерегулярным образом определяют друг друга. Для того чтобы музыкальный сигнал был «понятным» с точки зрения целостного восприятия, средняя скорость передачи информации, проинтегрированная по максимальной длительности восприятия, должна быть того же порядка, что и предельный уровень восприятия. Если эта величина намного меньше указанного уровня, то сигнал оказывается лишенным интереса, если же она намного больше, то слушатель «тонет» в сигнале, его внимание притупляется, и, чтобы исчерпать сообщение, ему приходится прибегать к многократным повторениям («обучение»).

18. Всякий раз, когда критерий понятности музыки оказывается важным (например, в случае сложных сообщений: театральный речитатив, опера, музыка к фильму), из информационной структуры музыки следует, что между фрагментами семантической и эстетической информации должно иметь место равновесное чередование.

19. Эти правила образования структуры можно использовать в качестве элементов «подлинной композиции», применяемой в «экспериментальной» или «конкретной» музыке, где основной задачей является объединение звуковых объектов в последовательности, достаточно упорядоченные, чтобы стать понятными.

VI. Сложные сообщения и структурная эстетика

„Речь — это шум, в котором заключена песня“.

ГРЕТРИ

§ 1. СЛОЖНЫЕ СООБЩЕНИЯ И ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ

До сих пор мы в основном исследовали сообщения из внешнего мира, которые воспринимаются индивидуумом по одному из *каналов чувственного восприятия* (зрительному, слуховому и т. д.) и отличаются друг от друга

а) либо размерностью, как это было отмечено нами при классификации искусств в гл. I, § 1, например:

- печатный текст $[L]$;
- изображение $[L^2]$: рисунок, фотография, произведение живописи;
- движущееся изображение $[L^2T]$: кино, мультипликация и т. д.

б) либо структурой и набором символов:

- речь;
- поэзия;
- музыка.

Все механизмы восприятия, описанные в предыдущих главах, — как общие механизмы, управляющие сообщением (гл. I—III), так и их специальные применения во временных и, в частности, звуковых сообщениях (гл. IV, V) — относились к случаю передачи за раз лишь *одного* такого сообщения и ответную реакцию индивидуума. Мы получаем при этом весьма удовлетворительное приближение к действительности во многих аспектах. В самом деле, сообщаясь с окружающим миром, индивидуум каждый раз *направляет свое внимание* на один из аспектов воспринимаемого мира: зрительный, звуковой и т. д.

Большое число художественных сообщений, которые мы воспринимаем извне, в особенности традиционные сообщения, принадлежат к этой категории: фотография, рисунок, музыка и т. д., и в обычных условиях мы считаем, что одновременное случайное совпадение нескольких чувственных возбуждений ведет к взаимному нарушению каждого из них. Используя волевое усилие, мы стремимся погасить некоторые из этих возбуждений в пользу других, на которых мы сосредоточиваем наше восприятие. По-видимому, именно здесь и кроется одно из условий *эстетической ситуации*: если мы *слушаем* (а не только пассивно слышим) концерт, передаваемый по радио, наше внимание занято не в том объеме, как при чтении страницы печатного текста, и наоборот. Авторы новейших социологических исследований в области музыки, передаваемой по радио, согласны друг с другом в отрицательной оценке со строго художественной точки зрения рассеянного *неполного внимания*, позволяющего индивидууму одновременно воспринимать еще какие-либо сообщения. Действительно, можно считать установленным [IV-4], что при одновременном восприятии нескольких различных и не связанных между собой сообщений происходят колебания внимания, которое направляется то к одному из сообщений (музыка), то к другому (чтение), то к третьему (восприятие звуков речи в разговоре). Эти сообщения в ущерб друг другу собираются воедино и получается мозаика разнообразных восприятий, которые индивидуум восстанавливает лишь приблизительно.

Полное восприятие одного из художественных сообщений требует такого внимания, при котором более или менее успешно исключаются все другие виды восприятия. Разумеется, это зависит от того, насколько велика степень заинтересованности нашего чувственного восприятия.

Однако общая эстетика учит нас, что наряду с прос-
тими, в той или иной степени мешающими друг другу

сообщениями существуют другие, *сложные сообщения*, которые передаются одновременно по различным каналам или различными способами по одному каналу, создавая некий эстетический *синтез* при восприятии. При этом уже наблюдаются не взаимные помехи, а согласованность логических нагрузок, совместно передаваемых различными компонентами. Простейшим примером такого случая является наше восприятие другого человека, при котором человеческое существо предстает перед нами не при помощи одного какого-то сообщения (как по телефону), а в многообразии всех своих проявлений. Восприятие сообщения «другой человек» — это восприятие всей совокупности признаков, свойственных человеку, и всякое нарушение взаимной согласованности сообщений, которые он нам посылает, немедленно вызывает «сигнал тревоги» в мозгу принимающего сообщения индивидуума.

Многие искусства представляют собой сложные сообщения, компоненты которых передаются по разным каналам восприятия:

— *театральное искусство*, представляющее нам других людей или нас самих, содержит звуковое речевое сообщение и зрительное сообщение о пространственных положениях;

— *киноискусство* [L^2T], которое, как всякий искусственный канал, особенно поучительно, так как в нем материально разделены изображение и звуковая дорожка¹⁾;

— *телевидение* [L^2T], которое мы пока будем рассматривать только как средство связи, т. е. как расширение кино до пределов, когда возникают свои особые законы;

— *стереокино* [L^3T], которое в настоящее время заслуживает лишь беглого упоминания;

— *балет*, представляющий большой интерес для эстетики, так как два канала — зрительный и звуковой, — которые его образуют, сохраняют в нем почти одинаковое значение.

В других видах сложных сообщений отдельные их компоненты передаются по одному и тому же каналу, но различными способами. Среди этих сообщений полезно отметить следующие временные искусства:

— *опера, транслируемая по радио*, или речитатив, представляющие собой *наложение* речевого или поэтического сообщения на музыкальное;

¹⁾ Ср. замечания С. М. Эйзенштейна о роли звукового кино, в котором звуковая и зрительная последовательности даны для режиссера раздельно [*V-39]. — *Прим. ред.*

— *опера*, где друг на друга накладываются по меньшей мере три сообщения: зрительное, вокальное и музыкальное.

После специального исследования наиболее важных из временных искусств мы теперь постараемся установить, какое приложение основные положения теории информации могут найти в эстетике искусств, представляющих собой сложные сообщения и до сих пор изученных лишь весьма поверхностно. Вплоть до настоящего времени эти исследования носили либо чисто литературный, либо описательный характер и ни в коей мере не проникали в область научной эстетики.

§ 2. СТРУКТУРА СЛОЖНЫХ СООБЩЕНИЙ

Как мы уже видели в гл. IV, первый шаг научной эстетики, опирающейся на диалектическое противопоставление понятное/оригинальное, должен заключаться в том, чтобы выявить взаимное подчинение последовательных структур, определяющих наборы символов, которые воздействуют на содержащуюся в сообщении информацию (оригинальность).

Для каждого способа группирования символов существует своя структура такого рода, и каждая из них должна быть отдельно определена как для семантической, так и для эстетической информации.

С самой общей точки зрения, как мы уже могли убедиться в гл. V, законы построения структур семантической части любого простого сообщения известны нам в большей степени, чем законы построения структур эстетической части сообщения. Это и понятно, если принять во внимание структуру символов человеческого разума, который легче постигает четко определенные символы, чем смутно определенные правила.

Если, как на то указывает, например, исследование музыкального сообщения, структуры эстетической информации представляют собой случайные правила ограничения выбора, а структуры семантической информации — символы, которые допускают представление в виде определенного набора и однозначную запись, становится понятным, что нам гораздо легче определить семантические структуры¹⁾.

¹⁾ Замечания о противопоставлении символов случайным правилам едва ли могут прояснить причины слабой изученности эстетической стороны сообщений, которая имеет более сложную организацию по сравнению с семантической и именно поэтому меньше изучена. — *Прим. ред.*

Так, в сложном искусстве *балета*, которому при современной экономической ситуации только цветное кино может предоставить возможности для обновления и дальнейшего развития¹⁾, мы различаем следующие сообщения:

— чисто временная музыка [T],

— движение [L³T],

— частично цветное зрительное сообщение [L²], причем это сложное явление искусства создается творческим коллективом: композитором, балетмейстером, декоратором и т. д. [V-20, стр. 36—59].

Легко составить приблизительный набор последовательных символов семантической части каждого из частных сообщений, входящих в состав сложного сообщения — балета. Музыкальное сообщение уже было рассмотрено нами в гл. V (см. схему на стр. 220—221). Иерархия структур для движения будет примерно такой, как представлено в верхней части схемы на стр. 257²⁾.

Иерархия структур зрительного сообщения значительно сложнее, и в нижней части схемы на стр. 257 отмечены только некоторые ее элементы.

В соответствии с этим мы можем представить иерархию семантических структур в грубом приближении в виде схемы на стр. 258—259. На этой схеме вертикальные соответствия выявляют временные связи, от которых зависит общая композиция сообщения.

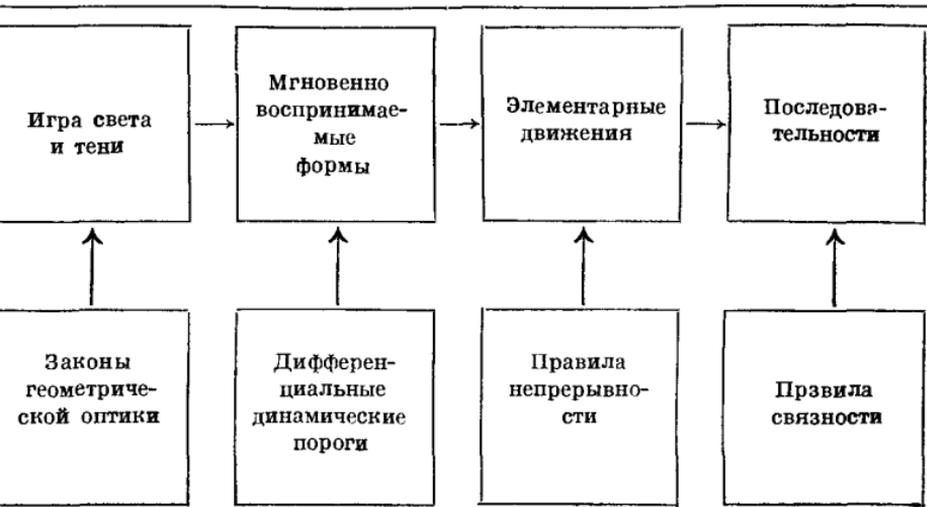
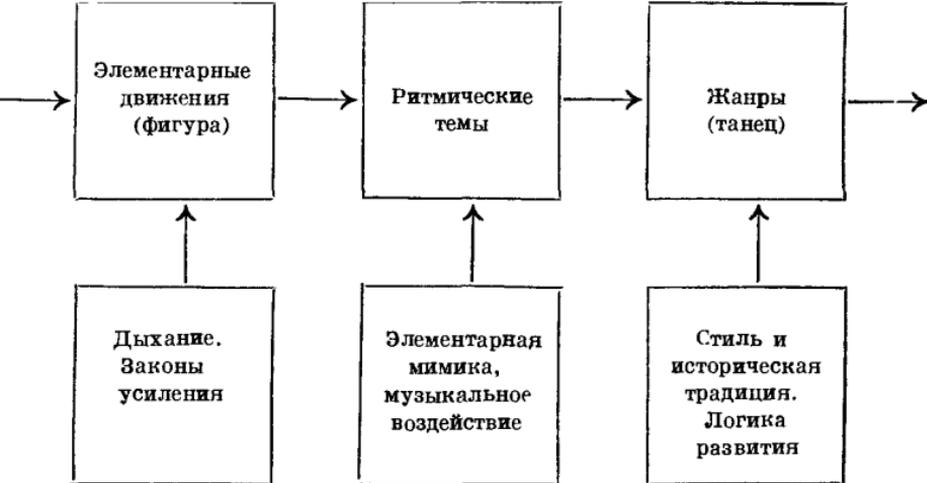
Весьма интересным применением схем иерархии структур является возможное их использование для *моделирования* процесса восприятия на цифровой вычислительной машине. В самом деле, один из непосредственных способов исследования восприятия заключался бы с кибернетической точки зрения в реализации *модели*, в которой последовательные наборы вышеупомянутых символов вводились бы в регистры памяти, а надлежащим образом закодированное на входе сообщение подводилось бы в соответствующие каскады с учетом законов, свойственных каждому набору. При этом вся модель была бы разделена на две части: семантическую и эстетическую. Одним из объектов такого исследования могло бы быть определение случайных колебаний внимания.

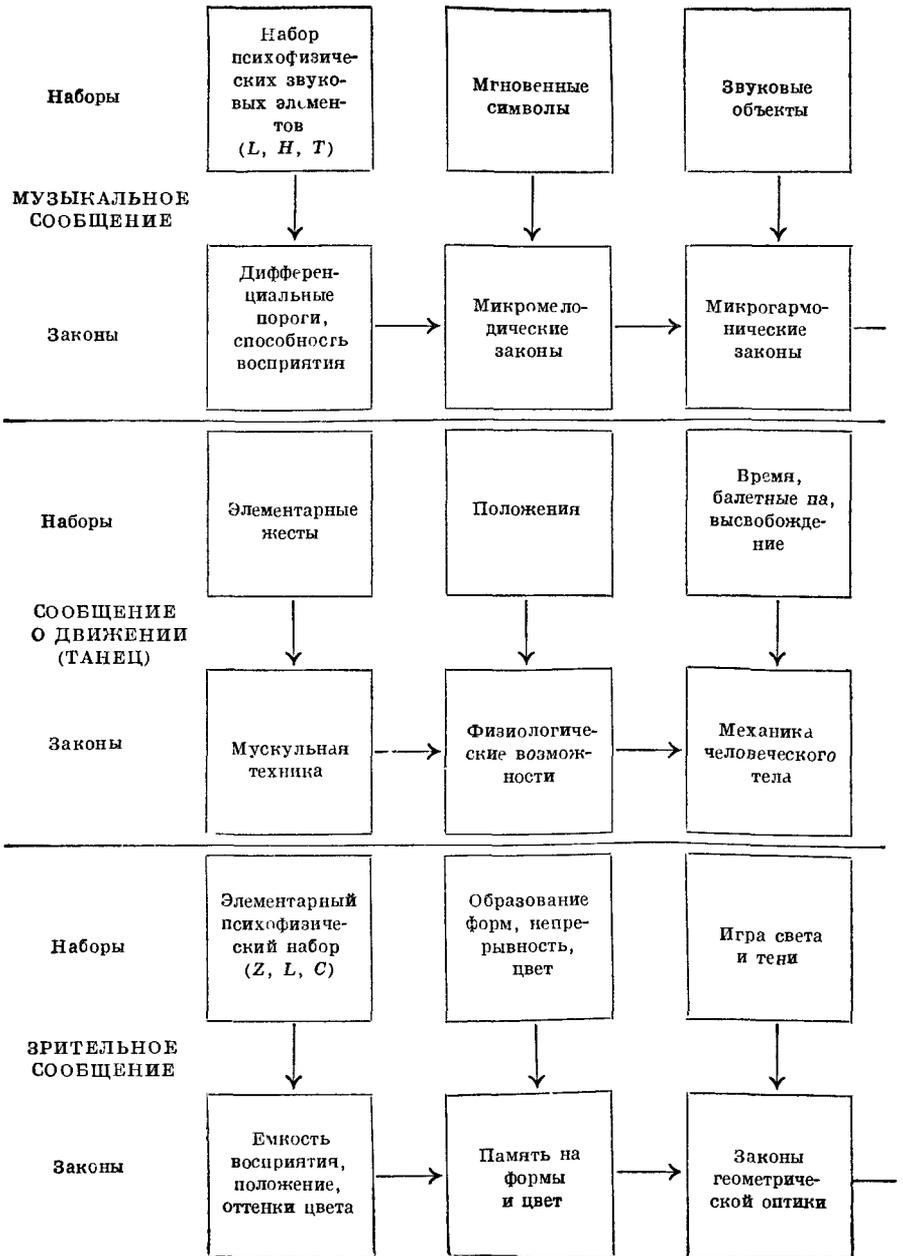
В качестве примера рассмотрим сообщение, представляющее собой пение в сопровождении оркестра. Такое

¹⁾ Замечания об экономической ситуации балета представляются неясными. Что же касается связи балета с цветным кино, то эту связь можно показать на примере таких фильмов, включающих балетные эпизоды, как II серия «Ивана Грозного» и «Уэст-сайдская история». — *Прим. ред.*

²⁾ См. также [*IV-122]. — *Прим. ред.*

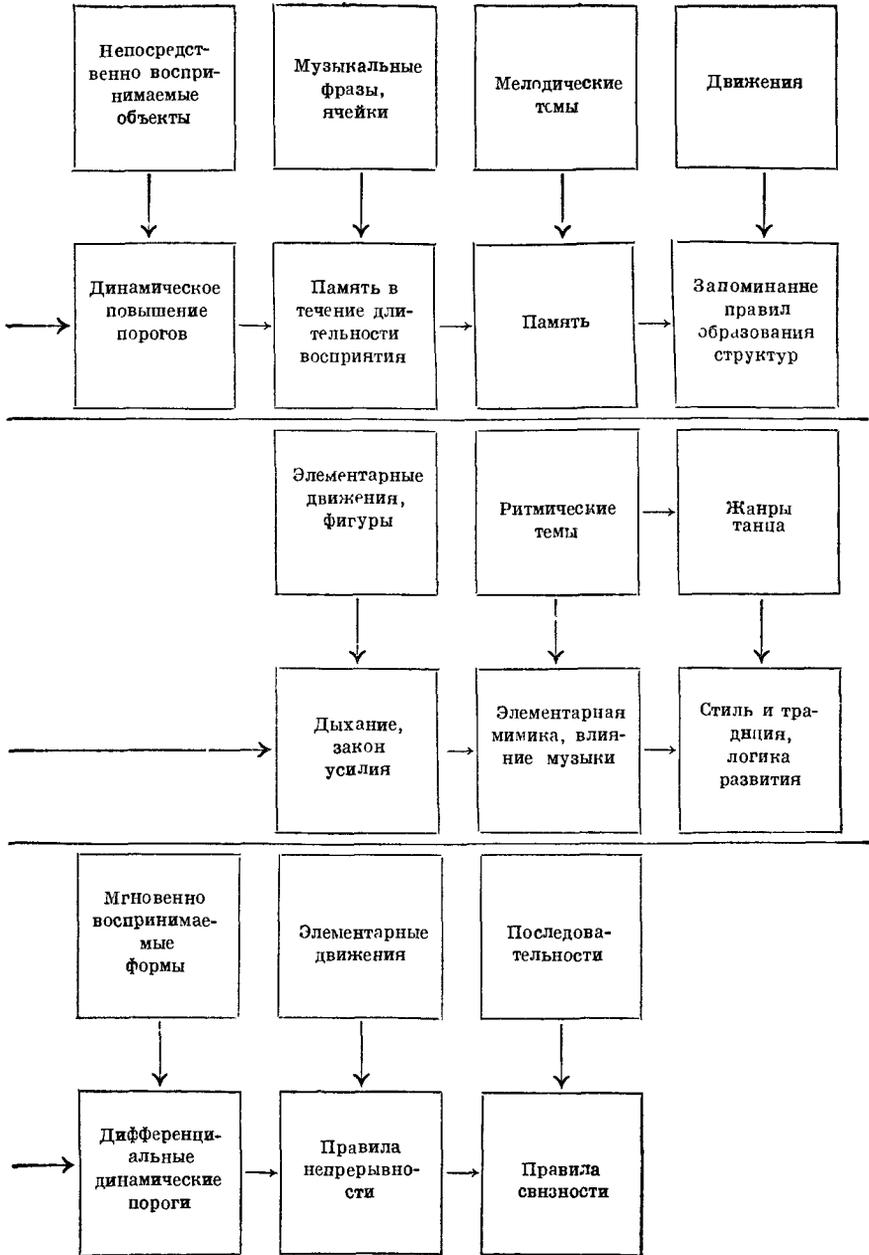




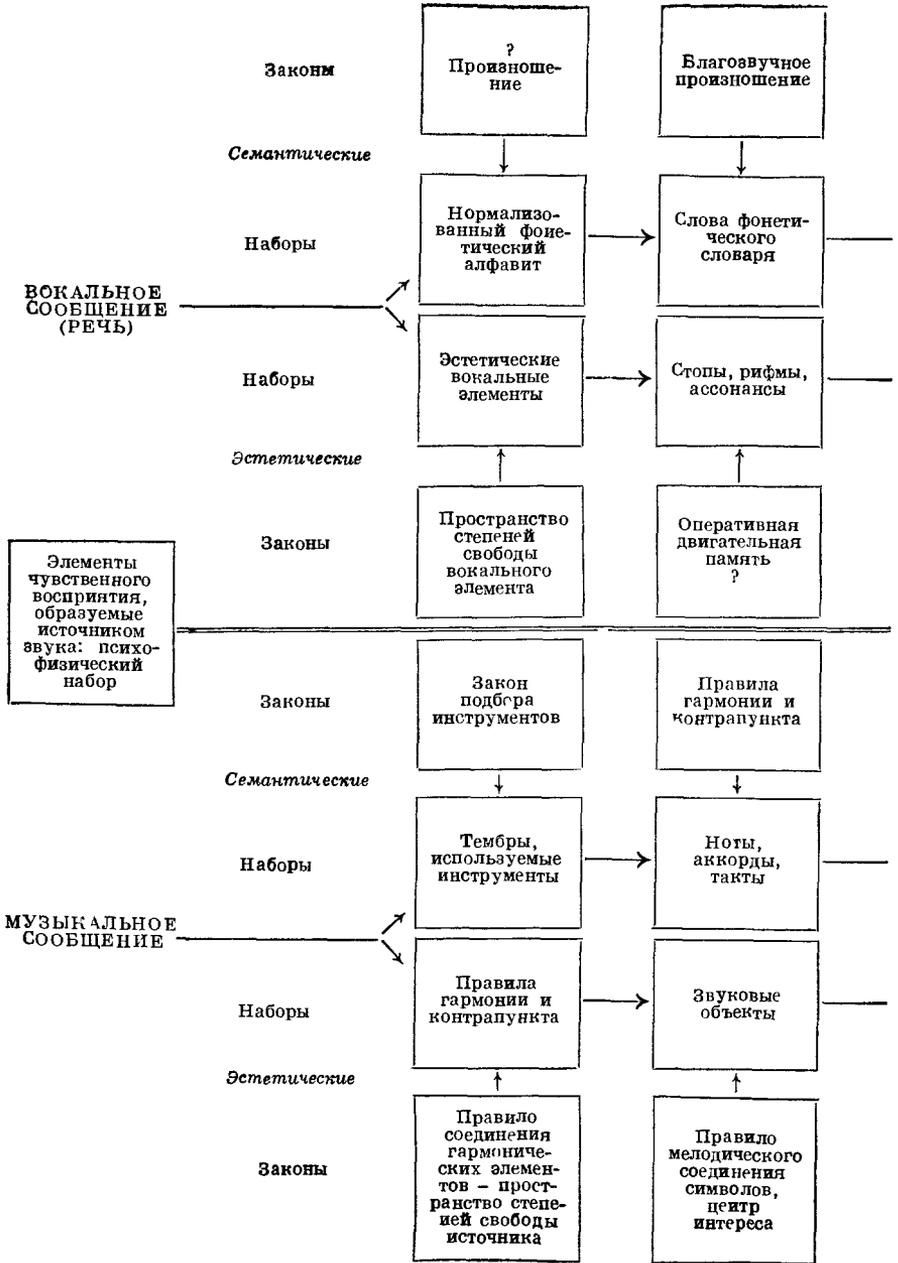


ЧЕСКИХ СТРУКТУР

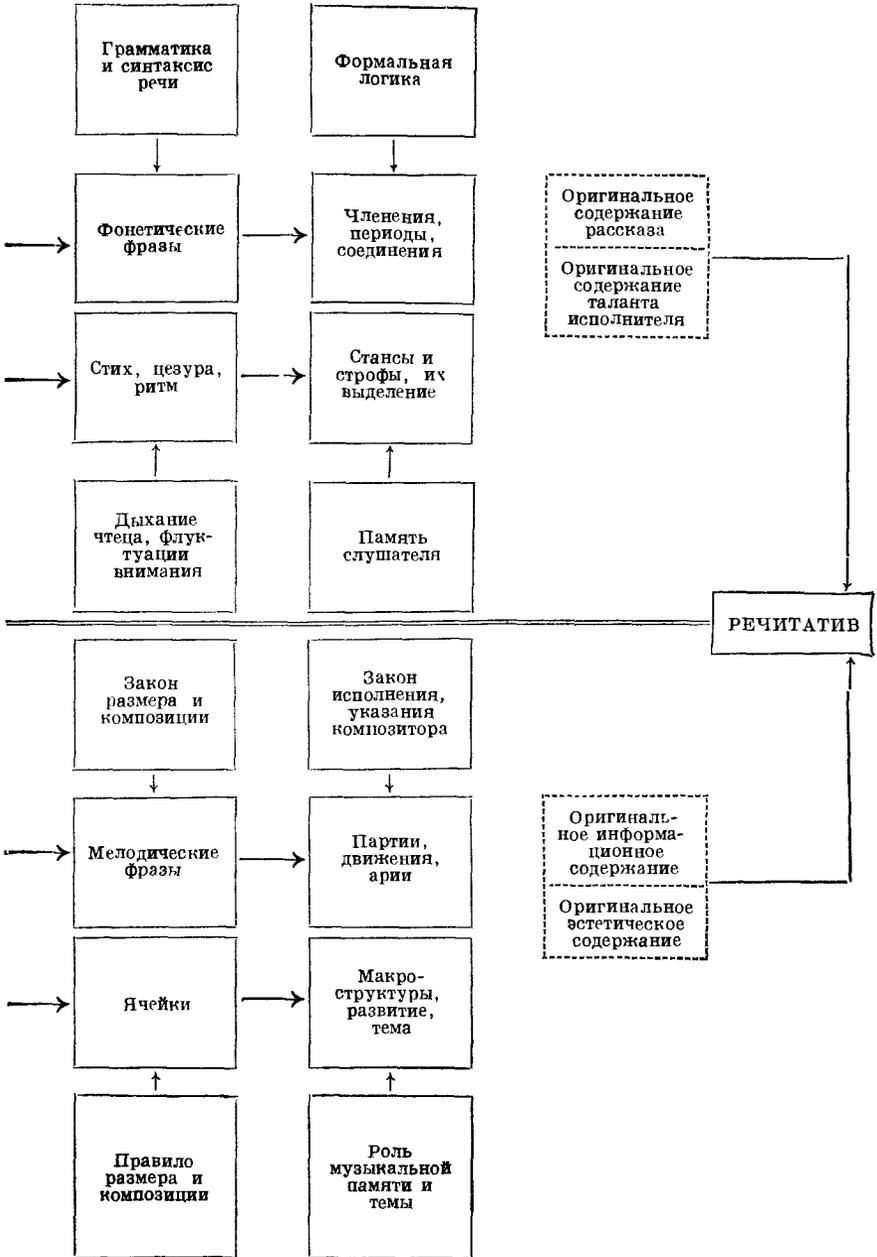
лет



ИЕРАРХИЯ СЕМАТИЧЕ
Б. Речи



**СКИХ СТРУКТУР
ТАТИВ**



сообщение передается, например, при трансляции оперы по радио, иначе говоря, в музыкальном сочинении, задуманном или приспособленном для канала радиовещания или для звукозаписи; подобное сообщение имеет самоделирующее значение и без добавления зрительного сообщения, что, впрочем, возможно осуществить, по крайней мере, для коротких произведений. Этот частный случай сообщения мы будем называть *обобщенным речитативом*, расширяя термин, употребляемый в опере для обозначения партии голоса, в которой певец передает сюжет. В ограниченном смысле слова опера представляет собой рассказ, передаваемый с помощью пения и сопровождаемый музыкой; иными словами, музыка служит продолжением речитатива. На этом примере мы прежде всего исследуем, как проявляется музыкально-вокальное взаимодействие, образующее сообщение.

Используя результаты исследования, проведенного в гл. IV и V, мы можем представить структуру сообщений, синтезирующих изученные нами в гл. V музыкальные и речевые сообщения, в виде схемы, изображенной на стр. 260—261.

Для описанной выше классификации структур сообщения необходимо уделить очень большое внимание *соответствиям* структур различных составляющих, представленных разными символами в одних и тех же временных границах, поскольку эти соответствия играют большую роль при слиянии составляющих в гармонический сигнал. Рассматриваемая классификация должна производиться на основе экспериментального исследования звуковых структур, и в нее не следует искусственно вносить симметрию, которой нет в звуковой материи, вносить воображаемые структуры, определяемые партитурой или текстом. Каждая реальная структура, совокупность символов которой создает набор, определяется законом или свойствами приемника, перечисленными на схеме наряду с набором символов. Таким образом, мы одновременно получаем общую картину явлений, участвующих в создании сложного сообщения, а это представляет большой интерес с точки зрения его эстетического исследования.

В самом деле, те или иные законы, управляющие теми или другими иерархическими структурами, могут в различной степени ограничивать структуру различных частных сообщений. В этих условиях возможно, что одна структура проникает в другую и проявляется как основная в сигнале. Например, хорошо воспринимаемая мелодическая тема в вокальном исполнении может полностью подавить другие вокальные структуры, что может привести

к деформированию и даже к разрушению вокальной организации. Так, мы при пении наблюдаем акцентирование «немого» *e* во французском языке ¹⁾, растягивание гласных в английском или выпадение гласных и сокращение слогов в немецком языке. Если обнаруживается, что разные структуры подчиняются различным ограничительным законам (вероятностные связи элементов набора), то для эстетического исследования необходимо изучить проявление различных составляющих сигнала, попеременно обращающих на себя внимание.

§ 3. СТРУКТУРНЫЕ ЗАКОНЫ СЛОЖНОГО СООБЩЕНИЯ

Главная проблема, которая возникает при изучении сложного сообщения, — внимание приемника, его флуктуации и оттенки. Как приемник воспринимает различные виды информации, которые приносит сообщение, каковы те законы, которые направляют его внимание то к одному, то к другому из этих видов?

Прежде всего отметим, что *внимание* характеризует общее состояние индивидуума и никак не связано с каким-либо чувственным каналом восприятия. Не существует особого звукового или зрительного внимания, а существует лишь внимание индивидуума к чувственным сообщениям из внешнего мира, причем внимание может рассеиваться по совокупности этих сообщений или заостряться на одном из них в ущерб всем остальным.

Сопоставляя это с законом максимального количества H_m воспринимаемой информации, который мы в гл. III назвали законом «предельного восприятия», мы приходим к задаче о «равновесном» распределении внимания между различными сообщениями, аналогичной задаче о распределении семантической и эстетической информации, рассмотренной в гл. V.

В данном случае закон предельного восприятия можно сформулировать следующим образом: сумма коэффициентов оригинальности (измеряемой количеством информации) различных частных семантических и эстетических сообщений, образующих сложное сообщение, чтобы оно было воспринято, не должна в среднем превышать некото-

¹⁾ Французское *e muet* («немое» *e*) не произносится в конце слова в разговорной речи, но становится отчетливым при чтении классических стихов (где с ним связано членение строки на слоги) и особенно при пении. Аналогичные примеры соотношения пения и речи применительно к русскому языку исследованы А. А. Реформатским [*IV-47]. — *Прим. ред.*

рого максимального значения H_m за максимальное время длительности ощущения (несколько секунд), причем H_m зависит от социально-культурного прошлого рассматриваемого индивидуума.

Как и в случае музыкальных структур, в этот закон должны быть внесены дополнительные уточнения, связанные с учетом оценок, от которых зависит *восприимчивость* сигнала. Но самое важное заключается в том, что для сложных сообщений восприимчивость, или понятность, сообщения играет значительно большую роль и является одним из основных эстетических параметров сообщения. Это вытекает из условий возникновения сложных искусств в процессе развития человеческого общества.

Сложные искусства представляют собой прежде всего искусства *коллективные*, поскольку сообщения, которые они несут, предназначаются не для того или иного индивидуума, а для большей или меньшей группы индивидуумов. Столь же очевидны и чисто технические причины коллективного характера таких искусств, ибо один художник должен был бы обладать совершенно исключительными дарованиями; для того, чтобы создать сложное сообщение, он должен был бы совмещать разнообразие и иногда противоречивые таланты, что почти невозможно. Поэтому сложные сообщения представляют собой всегда продукт творчества некоторого коллектива людей, или так называемого *микроколлективного автора* (творческой микрогруппы), и, как правило, предназначаются для более или менее многочисленной группы людей. Опера, фильм, балет, театральные спектакли представляют собой коллективные творения, предназначенные для восприятия некоторой социальной группой, между членами которой существуют определенные отношения, создающие *поле*, обуславливающее восприятие сообщения группой (К. Левин). С другой стороны, рисунок, фотография, живопись, скульптура, литература предназначены для восприятия *массой* изолированных индивидуумов, заставляя звучать самые сокровенные струны человека.

Другие причины, прежде всего причины исторического характера, обуславливают то, что для таких коллективных искусств, представляющих собой сложные сообщения, основным является доступность для понимания группой индивидуумов, что позволяет ввести понятие «среднего нормального приемника», которое в этом случае более оправдано, поскольку речь идет о *группе* приемников, тогда как простые искусства рассчитаны на неограниченную емкость восприятия массы, внутри которой все внимание каждого изолированного индивидуума сос-

редоточено на восприятии сообщения. Следовательно, для всех сложных искусств, от греческого театра до кино, *понятность* выдвигается на первый план, они стремятся что-то *означать*. Не имеет, например, смысла создавать недоступный для понимания театр¹⁾.

Из общего правила, касающегося «насыщения приемника», можно получить ряд очевидных следствий:

1. Сложное сообщение, образованное совместным действием («контрапунктом») частных сообщений, будет проще, беднее в смысле содержания информации и иметь большую избыточность, чем в случае, когда каждое из этих частных сообщений воспринималось бы изолированно и являлось единственным объектом внимания. Так, например, согласно общему правилу жанра, «либретто» оперы не должно содержать отвлеченных мыслей, сложных чувств, слишком богатых поэтических образов. Поступки и чувства героев Тетралогии²⁾ просты, они используют в своей речи обычный словарь и логичный синтаксис. С другой стороны, на музыкальной теме, перегруженной полифонией, чрезмерно богатой музыкальными тембрами, которую разнообразят диссонансы и сложные оркестровые комбинации, по-видимому, весьма трудно построить речитатив, подчиняющийся законам синтаксиса и элементарной логики.

Один из основных законов построения оперы формулируется следующим образом: вокальное сообщение определяет ритм и пульс инструментов во время арий, а роль оркестра часто сводится к аккомпанированию [К-16].

2. Чтобы восполнить потери эстетического богатства сигнала, *яркость* которого в звуковом сообщении часто связана со структурной оригинальностью музыки, в опере и речитативе систематически прибегают к чередованию оригинальности. Количество информации музыкального и вокального сообщений попеременно достигает максимального значения, и в соответствии с этим внимание сосредоточивается то на музыкальном, то на вокальном сообщении. Это характерно для традиционной структуры оперы и в таком изложении дает гораздо больше для ее понимания, чем эмпирические правила написания партитуры. Однако интересно отметить, что это правило чередования оригинальности, хорошо известное в эстетике, применимо не только к крупномасштабным произведениям (ария, оркестровые вступления, хор, сольные номера), но иг-

¹⁾ Относительно проблемы осмысленности в театре см., например, [*VII-30, стр. 245, 369 и 375].— *Прим. ред.*

²⁾ Имеется в виду цикл опер Вагнера «Кольцо Нибелунга».—

рает весьма важную роль и в промежуточных структурах. Оно во многих случаях выполняется для отрывков арий, дуэтов или квартетов, где группы из одного или двух стихов повторяются, акцентируются, аккомпанируются оркестровой фиоритурой почти периодически, что объясняется законами дыхания исполнителя, но в то же время обуславливает и соответствующее распределение внимания.

3. Наконец, условие доступности для понимания, «понятности», имеет также большое значение для развития сложных сообщений на протяжении истории какой-либо цивилизации. В самом деле, все созданные сложные сообщения, как мы отмечали, почти всегда являются в высшей степени коллективными как с точки зрения их создания так и с точки зрения их восприятия группой, которой они адресованы. В ходе эволюции таких сложных сообщений каждое последующее произведение опирается на предыдущее, и эта связь гораздо сильнее, чем в простых сообщениях, имеющих индивидуальный характер, т. е. в живописи, скульптуре и т. д. Театральная пьеса, опера, фильм используют накопленный опыт не только в плане чисто технических приемов и стиля, но и в более глубоком плане структуры и внутренней организации. Иными словами, создатели произведений сложных искусств критически оценивают свои возможности и стремятся создать новое, опираясь при этом на предшествующее произведение. Они, таким образом, ищут наиболее *богатой* выразительности. В сложном искусстве имеет место сознательный поиск богатства возрастающей оригинальности, а не оригинального стиля в собственном смысле слова, как это бывает в живописи и скульптуре (типичный случай мюзик-холла и постановки оперы).

Микроколлективный автор оперы (композитор, либреттист, декоратор, режиссер) под действием закона, по которому сложное сообщение должно быть «понятно», сознательно стремится увеличить контраст, создаваемый чередованиями оригинальности частных сообщений.

Это особенно отчетливо видно на примере оперы, которая на ранних стадиях своего развития представляла собой сравнительно однородное и легко воспринимаемое сообщение («Орфей» Монтеверди) и в которой к настоящему времени постепенно выделились музыкальное и вокальное сообщения¹⁾. Каждое из этих сообщений периодически стремится *овладеть* вниманием слушателя. При этом одно

¹⁾ Согласно точке зрения, обосновывавшейся А. Н. Веселовским и другими теоретиками и историками искусства, различные виды искусств выделились из первоначально сложного единого искусства («первобытный синкретизм»).— *Прим. ред.*

сообщение всегда стремится сделать это за счет другого (так возникли арии, разделенные оркестровыми темами).

Короче говоря, сложное сообщение является *неустойчивым*, так как в ходе своего исторического развития оно распадается на составляющие его простые сообщения, чередующиеся друг с другом, вместо того чтобы слиться во все более и более однородное целое. Это можно наблюдать в таких искусствах, как балет, эволюционирующий от мимических сцен, неразрывно связанных с простыми музыкальными темами, к чередованию сложных фигур, декораций, которые приобрели почти что характер самостоятельной живописи, и музыкальных тем [V-20].

Если же рассматривать музыку кинофильмов, развитие которой за короткий период прошло через все стадии, характерные для развития сложного искусства на протяжении истории целой цивилизации, то опыт, напротив, подтверждает следующий общий вывод: первая идея использования музыки в кинофильме заключалась в том, чтобы увеличить богатство выразительных средств путем сочетания зрительного и двигательного сообщений с классической музыкой, например симфонической. Однако очень скоро обнаружилось, что при этом звуковое сообщение *отвлекает* внимание от зрительного сообщения вне всякой зависимости от внутренней ценности последнего. Поэтому если для увеличения выразительности кинематографического сообщения вполне можно использовать выразительные возможности симфонической музыки, то такое ее использование следует ограничить только теми местами фильма, где зрительное сообщение *наиболее бедно*, все же остальные свободные интервалы звуковой дорожки следовало бы сознательно заполнять достаточно бесцветной музыкой — либо очень избыточной (многочисленные вариации на одну тему), либо со столь ослабленной громкостью, что она не могла бы отвлечь внимания кинозрителя¹⁾.

§ 4. ЭВОЛЮЦИЯ РЕЧИТАТИВА И ПОНЯТНОСТЬ

Исследуем механизм развития «речитатива» (в указанном выше широком смысле), которое прошло через следующие

¹⁾ Вопросы соотношения музыки и зрительного сообщения в кино детально исследованы С. М. Эйзенштейном [*V-39, 40], который установил наличие ряда параллелей такому сложному сообщению в «простых» (по Молю) искусствах, в частности в поэзии, где имеет место соотношение между ритмом и синтаксисом, напоминающее соотношение между составными частями сложных сообщений.—

Прим. ред.

стадии: церковный хор, хор в сопровождении оркестра и опера. Музыковеды, как правило, ограничиваются установлением исторических фактов и почти не рассматривают внутренние двигательные пружины развития. В схеме, приведенной в § 2, описывается процесс образования сложного сообщения из элементов различных наборов. Эта схема иллюстрирует тесный параллелизм структур двух сообщений, составляющих одно сложное сообщение, что приводит к смешению речи и музыки. Голос можно рассматривать как уникальный музыкальный инструмент, tessitura¹⁾ которого более ограничена, чем у других музыкальных инструментов, но временная структура гораздо богаче. Это дает дополнительный элемент оригинальности, которого не может быть в оркестровой музыке, так как ее «фонемы» (звуковые объекты) имеют более ограниченный набор способов атаки (согласные звуки).

«Речитатив» использует выразительные тождества между музыкой и речью, связывая их одной и той же временной последовательностью, играя на сочетаниях предсказуемого и непредсказуемого, создавая двойное диалектическое восприятие длительности, обусловленное двойственностью источника. В первом приближении с точки зрения мгновенного звукового объекта, изученного нами в гл. IV, это эквивалентно образованию дополнительного источника инструментовки [IV-24, стр. 28].

Значение речитатива достаточно велико, чтобы уделить ему особое место в регистре «оркестровых» комбинаций, поскольку он с XIV века представляет собой один из наиболее выразительных жанров музыки. В речитативе церковного хора или оперы на ранней стадии развития всегда соблюдается равновесие между семантической и эстетической информацией и попеременно возрастает богатство соответствующих наборов музыкальных объектов. При этом, по крайней мере в принципе, должна сохраняться доступность для понимания в широком смысле этого слова, что позволяет (особенно при исполнении оперы) *пересказывать сюжет* слушателю. Другими словами, речитатив дает композитору многообразные выразительные средства благодаря сочетанию музыкального сигнала с его преимущественно эстетической и чувственной ценностью и речевого (вокального) сигнала, ценность которого связана с его доступностью для понимания и который больше подходит для передачи информации о сюжете. Великие оперные композиторы от Монтеверди до Моцарта и Вагнера

¹⁾ Tessitura — здесь в значении звуковысотного диапазона, являющегося как бы наиболее характерным и удобным для данного певческого голоса.— *Прим. ред.*

придавали очень большое значение такому способу передачи информации о сюжете.

На практике при установлении одновременности оркестровой системы и голоса третье следствие, описанное в предыдущем параграфе, определяет эволюцию как диалектическую борьбу за внимание индивидуума, т. е. такую борьбу, в которой основным фактором становится противоречие. Именно так и бывает в чисто инструментальном концерте, где само разрушение сложного сообщения завершается преобладанием либо оркестра, либо пения, либо инструмента. Художественная ценность этого неустойчивого равновесия определяется использованием структур, классификация которых дана выше. Сложное сообщение, которое является результатом взаимного наложения друг на друга вокального и оркестрового сообщений, представляет собой комбинацию предсказуемых и непредсказуемых составляющих, каждая из которых определяется структурой одного из частных сообщений. Идеально эти составляющие *должны* быть взаимосвязанными, следствием чего является возрастание семантической понятности каждого частного сообщения, причем должны попеременно выделяться то одно из этих сообщений, то другое.

На практике весьма трудно обеспечить на длительное время такого рода равновесие в ходе передачи сообщения, так как для этого требуется установление очень большого числа связей. Может случиться, что увеличивается понятность сюжета, которой микроколлективный автор (композитор — либреттист или поэт) придает положительное значение, например тогда, когда имеет место совпадение между чередованием сильных и слабых долей речи, громкости звуковых объектов речи, а также громкости инструментального сигнала, в результате чего подчеркивается ритмичность речи и музыки и увеличивается их периодичность, а следовательно, и легкость восприятия. В большинстве случаев это приводит к тому (и именно это всегда служило объектом наиболее ожесточенной критики данного типа сложного сообщения), что понятность семантической составляющей сообщения при добавлении другого сигнала уменьшается в результате взаимопроникновения структур.

Так, в гл. V мы видели, что большая часть того, что в обычном понимании слова мы называем смыслом текста, передается согласными, или, точнее, переходными модуляциями согласных. Поэтому существенно то, что фактического сходства между музыкальными «согласными» и фонетическими согласными почти нет. Длительность и

временная форма атак инструментов всегда отличаются от начальных и конечных согласных, которые ограничивают фонему, образуя семантический скелет речи; более правильно было бы говорить о «переходах» и сопутствующих им звуках, предназначенных для поддержания «переходов», а не о согласных и гласных. Музыкальные атаки быстрее согласных, а музыкальные затухания, наоборот, намного медленнее [III-16]. Пологий участок на кривой звукового объекта, который соответствовал бы локализации фонемы, иногда почти не существует. Поэтому маловероятно, что можно получить ритмическое и временное соответствие между музыкальным и фонетическим сигналами. В общем случае семантическая понятность сложного сообщения должна значительно уменьшиться, но одновременно с этим растет богатство эстетических средств, в чем и состоит основная ценность этого сообщения.

В настоящем исследовании основное внимание уделяется эстетической ценности и понятности. Поэтому вопросы, связанные с возможностью передать посредством сигнала *содержание рассказа*, передать логическое сообщение, имеют для нас второстепенное значение. Известно, что средняя семантическая понятность при достаточно продолжительном исполнении оперной арии в лучшем случае составляет не более 40%, а поэтому можно сказать, что 60% фонем фактически неразборчивы. Следует отметить, что это имеет место в самых благоприятных условиях, когда исполнение ведется на языке, знакомом слушателю, воспринимающему сюжет на основе знания родного языка и дополнительной информации, содержащейся в зрительном сообщении, что невозможно при прослушивании записи или при трансляции по радио.

Практика подтверждает эти выводы. Идет ли речь о церковном хоре или об исполнении оперы, несложные тексты показывают, что лишь незначительное число индивидумов использует только воспринимаемое сообщение для получения информации о сюжете, а большинство широко использует печатную программу или либретто, предварительные знания о данном драматическом произведении или тексте песни.

Наиболее эффективный способ увеличения понятности смысла исполняемого голосом произведения заключается в создании избыточности путем повторения по правилу, изложенному в гл. V, § 5; понятность при прочих равных условиях увеличивается как двоичный логарифм коэффициента повторения. Этот способ широко используется в церковном пении, вся структура которого основана

на простых основных положениях, являющихся одним из лучших примеров функциональной эстетики, где критерий эстетической ценности непосредственно определяется соответствием своему назначению. Отметим в связи с этим роль сильной реверберации в церковных зданиях, сказавшейся в установлении длительностей нот, а также мелодических и контрапунктических правил, определяющих так называемое грегорианское пение.

Именно условие понятности речитатива приводит к зависимости его от фонетических особенностей используемых языков, для которых отношение переходного периода («согласные») к постоянному периоду («гласные») — один из наиболее важных количественных параметров [III-16]. Этим и объясняется то, что языки, обладающие небольшим количеством различных гласных, используемых гораздо чаще, чем согласные, т. е. языки, имеющие фразы с относительно однородной динамической структурой и малой дисперсией громкости, лучше приспособлены для речитативного сообщения, чем языки, у которых многочисленные модуляции образуют основной скелет понятности. Это замечание показывает нам то преимущество, которым может пользоваться речитатив в языках, обладающих богатством и четкостью вокализации. Таким языком является итальянский, который имеет шесть чистых гласных, в то время как английский и сходные с ним языки отличаются многочисленностью полугласных, дифтонгических гласных и т. д. и несут большую часть семантической информации в последовательности согласных звуков.

Этим объясняется также главная эстетическая трудность, возникающая при переводе либретто оперы на другой язык, так как при этом необходимо сохранить соответствие между элементами вокального сообщения и элементами партитуры, которая остается неизменной. Попытки такого перевода всегда приводили к искажению оперы, и, как мы уверены, теоретически невозможно осуществить адекватный перевод. Это объясняет современную тенденцию исполнять оперные произведения или религиозные речитативы на оригинальном языке (итальянском, немецком, русском, древнееврейском или латинском), решительно игнорируя значение речевого текста, но стремясь сохранить эстетическую ценность сообщения.

Начиная с золотого века речитатива (около 1860 г.), когда произошло частичное разделение сложного сообщения на *«арии»*, *оркестровые партии* и *речитатив* в узком смысле слова, развитие речитатива продолжалось в отмеченном выше направлении, характерном для слож-

ного сообщения, и вело к увеличению его эстетической ценности. При этом все более и более отодвигался на задний план логический аспект, связанный с передачей сюжета, априори известного слушателю из других источников (из зрительного сообщения, текста и т. д.). Голос все чаще и чаще рассматривается как специфический оркестровый инструмент не только в вокальной партии без музыкального сопровождения, но и в речитативах, где основные ритмы, например ритмы дыхания, используются в качестве общей ритмической основы стиха и мелодии. При этом не имеет места стремление к точному совпадению атак и затуханий в музыке и речи, которое, как правило, оказывается иллюзией. Такое совпадение может быть реализовано только в редких случаях в народных мелодиях или в подражательной песне, где аккомпанементы все больше уступают место вокалу.

Если единство звукового сообщения действительно имеет основное значение для речитатива, то в этом случае семантическое сообщение должно быть принесено в жертву эстетической части сообщения. Это приводит к необходимости приспособления характеристик вокального сообщения к характеристикам инструментов, к созданию абсолютно благозвучных текстов, в которых пропорция гласных по отношению к согласным больше, чем в разговорчивой речи, к игнорированию законов грамматики, синтаксиса, логики. Это выражается в том, что принимаются во внимание только чисто эстетические законы структур, существенно поэтическая ценность, т. е. ценность формы (ассонанс, цезура, метр и т. д.). Структуры должны состоять из выразительных слогов и ключевых слов, помещаемых композитором в тех местах мелодии, где их понятность остается достаточной для сохранения выразительности всего сообщения.

Последние результаты теоретического языкознания подтверждают правильность такого способа образования структур вокального сообщения, несколько вольного по отношению к синтаксису. Наше восприятие чувственных сообщений действительно представляет собой неполную структуру. Сознание (хотя и менее целенаправленно, чем это предполагалось в гештальт-психологии) составляет мозаику (*англ.* puzzle) из отрывков восприятия, которые оно объединяет в одно целое на основе форм, априори заданных ассоциациями понятий, а не на основе логической структуры, ибо у него нет времени для ее построения. Там, где синтаксические правила не могут помочь при восприятии, структура вокального сообщения может принимать неполную форму, присущую самому восприятию:

при этом увеличиваются число степеней свободы и эстетическая ценность сообщения.

Закономерный итог такой эволюции — полное растворение семантической ценности языка или песни, включение вокального явления в музыку, превращение голоса в обычный музыкальный инструмент. Если малый размер тесситур и традиционная специфичность фонетической структуры языка или песни до недавнего времени препятствовали доведению этой линии развития до завершения (по крайней мере в той же степени, как и общие соображения о растворении семантического значения), то методы «приготовления» звука в экспериментальной музыке позволяют устранить эти преграды, и попытки использования фонемы только в качестве звукового объекта уже дали достаточно интересные результаты, которые подтверждают формулу Гретри: «Речь — это шум, в котором заключена песня» [IV-36].

§ 5. ПЕРЕХОД ОТ ЭСТЕТИКИ К ФЕНОМЕНОЛОГИИ ВОСПРИЯТИЯ

При рассмотрении сложных сообщений мы ограничились случаем *художественного произведения* и в особенности случаем звуковых сообщений по чисто методологическим соображениям. Действительно, на раннем этапе развития теории целесообразно сузить границы рассмотрения, чтобы от частного продвигаться к общему, от простого — к сложному. «Произведение искусства» как объект исследования имеет определенную самостоятельность. Его можно считать замкнутым в определенных пределах и можно изолировать в поле нашего внимания. Такой *объект исследования* легче поддается изучению в отрыве от сложности окружающего реального мира. Однако очевидно, что если отвлечься от рассмотрения восприятия с точки зрения теории информации, то произведение искусства представляет собой только типичный, легко поддающийся определению случай цикла восприятие — реакция, который представляет собой важнейшую проблему экспериментальной психологии. В случае произведения искусства восприятие является более объективным, чем реакция. В этом смысле оно значительно проще и доступнее для исследования, но этимологическое значение слова «эстетический» (греч.: *αισθησιω*) выходит далеко за рамки проблемы искусства.

«Эстетический» в широком смысле слова означает изучение метода ощущения окружающего мира, места инди-

видуума в окружающем мире. В этом плане проведенное в данной работе аксиоматическое рассмотрение диалектически противоположных понятий оригинальность/понятность должно естественным образом войти в круг более общих исследований, касающихся отношений индивидуума с окружающим миром и феноменологии восприятия. Следует отметить, что реальная структура восприятия подвержена случайным изменениям и ее исследование усложняется субъективностью используемых оценок. Этим и объясняется, почему мы исследование восприятия ограничиваем в основном рамками научной эстетики, изучением художественных сообщений.

§ 6. ВЫВОДЫ

Перечислим основные результаты, полученные в этой главе, посвященной распространению выводов теории информации на случай сложных сообщений:

1. Сообщения, получаемые индивидуумом из внешнего мира, наряду с простыми сообщениями, идущими по одному чувственному каналу восприятия, содержат также сложные сообщения, которые одновременно передаются по многим каналам связи или посредством нескольких способов использования этих каналов.

2. Каждое простое сообщение подчиняется общей теории информации, и иерархия его структур определяет соответствующее ему количество оригинальности.

3. Установление соответствия между соподчиненными структурами и семантической и эстетической составляющими каждого частного сообщения в функции их длительности определяет конфигурацию сложного сообщения.

4. Эти структуры воспринимаются индивидуумом только в том случае, если общее количество информации, которое несет сообщение, в среднем ниже определенного максимума, называемого «пределом восприятия».

5. Установление схем взаимного подчинения наборов символов или их элементов подготавливает программирование *моделей* восприятия чувственных сообщений на цифровых вычислительных машинах со случайными связями.

6. Поскольку сложные эстетические сообщения являются, вообще говоря, сообщениями микроколлективного автора, адресованными более многочисленному коллективу индивидуумов, находящихся в одном и том же поле взаимного влияния, условие понятности играет в данном случае более важную роль, чем для простых сообщений, адресуемых массе изолированных индивидуумов.

7. В результате в сложных эстетических сообщениях образуется нечто вроде полифонии частных сообщений, создающих контрапункт, который определяет степень понятности общего сигнала.

8. Это условие, аналогичное рассмотренному в гл. V, предполагает:

а) большую простоту и большую избыточность каждого частного сообщения;

б) более четкое чередование оригинальных частей, принадлежащих каждому частному сообщению;

в) историческую неустойчивость различных типов сложных художественных сообщений, влекущую за собой либо полное растворение составляющих, либо полное подчинение одной составляющей сообщения другой.

9. «Обобщенный речитатив» — сложное звуковое сообщение, состоящее из вокального и оркестрового сообщений, — должен удовлетворять условию понятности. Речитатив предназначен для одновременной *передачи рассказа* о сюжете и *представления* звуковой структуры. Характерными примерами являются церковный хор и опера.

10. По мере эволюции жанра семантическая понятность уменьшается и сообщение постепенно превращается в искусственную серию арий, перемежаемую оркестровыми экспозициями.

11. Практически в ходе развития понятность речи при исполнении вокальной партии систематически отходит на второй план, а на первый план выдвигаются пространство степеней свободы собственно музыкальных частей и эстетическая ценность сообщения. Речитатив не является более средством пересказа сюжета с помощью музыки. Сюжет предполагается известным априори. Речитатив развивается в программную музыку.

12. В соответствии с этой эволюцией речь растворяется в музыке, и ее можно рассматривать как особый звуковой объект, который по своей форме должен соответствовать эстетической норме, но понятность которого может быть разрушена, чтобы увеличить богатство оркестрового сообщения.

Обобщение теории, развитой в нашей работе, на класс сложных сообщений, к которому относятся произведения коллективных искусств, позволит нам рассмотреть случаи неэстетических сообщений, в частности сообщений наиболее общего вида, поступающих из внешней среды, восприятие которых создает ощущение «присутствия» индивидуума в мире, в котором он живет.

VII. Заключение. Философское значение теории информации

*„На мир мы все по-своему глядим,
И каждый прав — с воззрением
своим“.*

ГЕТЕ

§ 1. МАТЕРИАЛЬНОСТЬ СВЯЗИ

Чтобы правильно оценить основное положение этой книги — идею о *материальности* связи, — следует обратиться к анализу исторических условий, которые подводят к этому положению. Если согласиться с тем, что человека отличает от животных главным образом способность широкого *общения* или *связи* («коммуникации») с себе подобными, то можно без преувеличения сказать, что современного человека характеризует именно применение *искусственных* каналов связи¹⁾. Хотя письменность,

¹⁾ Новейшие работы по коммуникации у животных существенно расширили наши представления о широте способов сообщения в животном царстве; см. подробную библиографию по этому вопросу в статье Seebock Th. A., "Coding in the Evolution of Signalling Behaviour," *Behavioral Sci.*, 7, № 4, 430—442 (1962). Об акустической сигнализации у различных видов животных см. монографию (ряда авторов, в том числе А. Моля) *Acoustic Behaviour of Animals*, Jony-et-Jozas, 1964. Особое значение имеют работы по звуковой сигнализации дельфинов; см. выше, а

световая и звуковая сигнализация — первые из этих каналов — возникли в сравнительно отдаленную эпоху цивилизации, *осознание* материальности информации произошло только в самое последнее время ¹⁾. Еще сравнительно недавно в центре внимания был «идеальный» аспект межчеловеческих сообщений, тогда как материальный их аспект оставался в тени: мысль о том, что нечто «передается», заслоняла собственно передачу. Для Платона, Бэкона или Спинозы материальность написанного текста означала только побочную реальность, от которой мысль должна быть освобождена, и миф о замороженных словах в третьей книге Пантагрюэля означал бы для них лишь прелестную сказку, лишенную философского значения. Из древних цивилизаций лишь китайская письменная культура, в течение долгого времени считавшая святотатством уничтожение любого письменного документа, в том числе и потерявшего всякий интерес, да еще еврейская культура, создавшая из почтения к «Книге» (Торе) причудливое хитросплетение логических и теологических учений, — только эти две культуры каким-то полумистическим путем подошли к пониманию того, что материальность письменного сообщения имеет действительно ценность ²⁾. Эта материальность смогла проявиться только после изобретения книгопечатания, и параллельно с падением ценности письменного сообщения из *уважения* к нему возросла и продолжает увеличиваться его *экономическая* ценность. Увеличение количества знаков, как бы они ни обесценивались при этом, должно было с очевидностью указывать на конкретный характер существования этих знаков, не зависящий от идеальной ценности, которую они выражают.

Однако только после изобретения других каналов, осуществляющих связь во времени и пространстве: телефона, радио, записи звука, изображения и движения (здесь

также Caldwell M. C., Haugen R. M., Caldwell D. K., "High-Energy Sound Associated with Fright in the Dolphin," *Science*, 907—908 (1962); Lilly J. C., "Distress Call of the Bottlenose Dolphin," *Science*, 116—118 (1963). — *Прим. ред.*

¹⁾ Следует отметить, что используемое Модем понятие материальности информации соответствует тому, что в работах по структурной лингвистике и семиотике описывается как наличие означающей стороны (плана выражения) у каждого знака. См. сб. «Новое в лингвистике», 1, ИЛ, 1959. — *Прим. ред.*

²⁾ В древнем Египте отношение к письменным документам было примерно таким же, как и в древнем Китае, см. Тураев В., Египетская литература, т. 1, М., 1920. Ср. особенно характерное египетское стихотворение «Прославление писцов» (папирус Честер Битти, IV, 2, 5, 3, 1), переведенное на русский язык А. А. Ахматовой. — *Прим. ред.*

еще *homo faber* превосходит *homo sapiens*)¹⁾, люди осознали, что с этой материальностью в качестве ее неразрывной части связано нечто, придающее значение грамму бумаги или числу пар телефонных кабелей, — а именно *символ*. Только после этого стало более или менее ясно, что связь материальна, в каком бы виде она ни осуществлялась. В то же время по-прежнему имеет значение «идеальность» связи, познавательное значение которой даже увеличилось после того, как удалось выяснить ее материальность.

Если в эпоху Эразма Роттердамского требовались усилия изошренного ума, чтобы установить и исследовать материальность связи, в эпоху газеты, радио, грампластинок, кинофильма эта материальность следует из очевидных фактов повседневной жизни. Графически это соотношение между двумя эпохами можно изобразить так:

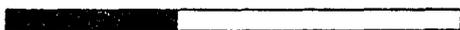
До изобретения искусственных каналов связи



Идеальность

Материальность

После изобретения искусственных каналов связи



Идеальность

Материальность

В соответствии с этим в современном мире возникла особая категория людей, *совершающих операции* над материальными носителями идей: не только работники типографий, библиотекари, посыльные, киномеханики, но и *инженеры связи*, понимающие, как «проходит» по телефонным проводам, через контуры, через усилители векторный *сигнал* идей. Эти инженеры не знают самого сигнала и не интересуются им, они призваны решать проблемы, связанные с «искажением» длин волн, задержками, занятостью линий или, еще более конкретно, со стоимостью передачи слов по телеграфу в зависимости от расстояния; они занимаются только исследованием количественных аспектов информации.

Большая пресса первая выявила эстетические последствия материальности идей: именно здесь было создано

¹⁾ То есть «человек умеющий» превосходит «человека мыслящего». — *Прим. ред.*

новое искусство, само понятие которого было чуждо традиционной технике; мы имеем в виду искусство компоновки переданных сообщений, искусство синтеза, каким является макетирование, *верстка* (например, верстка ежедневной газеты). Художник ищет в этом искусстве эстетическую ценность, собирая воедино куски сообщений, которых он сам *не создавал*. Это четкое различие между редактированием и сочинением, особый характер того, что сочинено, подтверждает его материальность. Изобретение других способов связи убеждает нас в том, что здесь проявляется не случайное обстоятельство, а общее свойство, связанное с материальностью передачи идей, которое в сущности и в классическом искусстве определяло положение художника, артиста, между сочинением и его воспроизведением: исполнитель и композитор, изготовитель красок и живописец, подрядчик и архитектор.

Как правило, художник не создает материал, с которым он работает. Современные отрасли техники *открыли художника* и *возвысили* до его истинного положения — от верстальщика, некогда неизвестного сотрудника типографии, до монтажера фильмов, кромсающего и склеивающего пленку и часто являющегося на деле главным режиссером фильма, а затем звукооператора и звукорежиссера на радио и на студии звукозаписи. Тем самым лишний раз была показана *независимая* роль людей, создающих материальные вещи (автор, за трудом которого следует труд наборщика в типографии, исполнитель музыки, изготовитель красок, режиссер, за работой которого следует работа оператора), и людей, осуществляющих синтез (метранпаж, дирижер оркестра, художник, специалист по монтажу фильмов). Именно на этой основе должна создаваться современная эстетика, и главной ее целью должно быть систематическое изучение *материальности* передачи сообщений, в то время как духу классической эстетики, в первую очередь применительно к художественной литературе, больше было свойственно исследование *идеального* аспекта связи. Современная эстетика в соответствии с изложенным в этой книге с самого начала учитывает, что все виды связи содержат общий элемент, *измеримую* величину, каковой является информация, и эта величина не зависит от того, в какую форму она облечена, по какому каналу передается, какие реакции вызывает.

Таким образом, принятая в этой книге точка зрения и сам предмет книги *естественным образом* согласуются с современным состоянием техники передачи сообщений и сферы связанных с этими сообщениями искусств: исторически получилось так, что в обоих случаях разраба-

тывается общая теория и отыскиваются и изучаются сообщения, которые при исследовании лучше всего удается изолировать от внешнего мира; таковы, в частности, произведения искусства (предмет эстетики в узком смысле).

§ 2. КРИТИКА ТЕОРИИ, ИЗЛОЖЕННОЙ В ЭТОЙ КНИГЕ

Совершенно очевидно, что изложенную здесь теорию легко подвергнуть критике как в отношении лежащих в ее основе гипотез, так и в отношении полученных результатов, которые часто оставляют в стороне то, что психологам-профессионалам представляется существенным, а с другой стороны, обращают внимание на вопросы, которые с точки зрения этих психологов кажутся очевидными. В адрес изложенной теории уже были высказаны многочисленные критические замечания [II-6], однако настоящая книга представляет собой *программу*, изложение определенной точки зрения, и в задачу ее не входит исследовать, является ли та или иная точка зрения более близкой к «действительности», поскольку это вовлекло бы нас в спор о философском понятии реальности, спор, очевидно не относящийся к излагаемой теме и, вероятно, вообще малопродуктивный. Вместо этого нам представляется полезным остановиться в данной завершающей главе книги на некоторых очевидных критических замечаниях формального порядка:

1. Что касается психологической науки, информационная теория восприятия принимает все основные гипотезы объективной психологии. В рамках этих гипотез указанную теорию следует рассматривать как развитие и углубление теории поведения. Поэтому она уязвима для всякой критики, направленной в адрес теории поведения, особенно в узко материалистическом ¹⁾ варианте этой теории. Наиболее очевидным образом эта критика направлена против пренебрежения всеми теми аспектами традиционной психологии, которые, во всяком случае, играют существенную роль в изучении восприятия. Однако в настоящее время предпринимаются некоторые робкие попытки восполнить этот пробел [I-5]²⁾.

2. Будучи более молодой и более грубой, чем общая теория поведения, значительно усовершенствованная со времени появления исторических работ Павлова и Уотсона,

¹⁾ То есть механистическом, как указывает ниже сам автор.—
Прим. ред.

²⁾ См. также [*II-12, 13].— *Прим. ред.*

теория информации дает эстетическому восприятию *упрощенную* трактовку, что сразу бросается в глаза. Отвлекаясь от тонкостей, она изучает некоторые наиболее грубые, наиболее очевидные и главным образом (или чаще всего) наиболее банальные аспекты поведения, основанного на восприятии, и оставляет в стороне другие, также очевидные аспекты.

Она оказывается поэтому *недостаточной* даже в тех пределах, которые она сама для себя установила. Таким образом, в механистической модели «человека — приемника информации», выдвинутой в теории информации, эта теория пренебрегает одним обстоятельством, красноречиво обнаруживающимся при изучении психофизического аппарата, — поразительной «изменчивостью» характеристик, дающей возможность внимательному человеку ночью увидеть свечу на расстоянии 10 км (несколько фотонов) или услышать звук, едва превосходящий по громкости колебания молекул атмосферного воздуха, и в то же время позволяющей этому человеку в течение $\frac{1}{16}$ сек воспринять чрезвычайно сложный комплекс форм, цветов и звуков и, хотя восприятие это весьма грубо, мгновенно запомнить отличительные признаки этого комплекса.

При своем современном состоянии теория информации ничего не может сказать относительно приспособляемости живых организмов, которая не достижима ни для одного физического прибора («радары» летучих мышей). Такой произвольный выбор задач (он зависит от присущих этой теории возможностей объяснения) характеризует любую вновь возникающую науку. Со строго методологической точки зрения, очевидно, достаточно, чтобы ни один из аспектов, которыми пренебрегает новое учение, не вступал в противоречие с гипотезами, лежащими в основе этого учения. Со временем такое положение всегда достигается, но, по-видимому, данное учение достигнет такого положения очень быстро, если судить по тем успехам, которых ему удалось добиться в интерпретации формы — понятия, казалось бы, противоречившего самим основам теории (см. гл. II).

3. Помимо того, что теория информации оказалась недостаточной в той области, которую она сама для себя определила, она не вполне удовлетворительна и по другим причинам. Так, некоторые употребляемые в этой теории понятия, например преднамеренности (гл. III), положенные ею в основу при исследовании восприятия, сами должны быть объяснены на основе этой теории. Такого рода объяснение в настоящее время потребовало бы, по-видимому, большого труда или вообще еще преж-

деременно. С этой точки зрения некоторые кибернетики (например, Грэй Уолтер) пытаются составить перечень «характерных свойств» живых организмов, пусть пока неполный [II-1] и не вполне определенный. Рюге в своей книге [II-6] придерживается мнения, что в теории информации и в кибернетике пренебрегают существенным различием между «обрамленной» активностью (информация, реакции) и «обрамляющей» активностью (намерение, целенаправленность) — это одно из основных критических положений.

Аналогично в области эстетики теория информации ничего не говорит нам о наслаждении, получаемом нами при внутреннем воссоздании и при ощущении присутствия, доставляемом произведением искусства, — вопрос, на важность которого мы уже указывали в гл. V.

4. Наконец, было бы излишне подчеркивать механистический характер теории информации, связанный с тем, что она возникла из потребностей техники, но в таком утверждении, возможно, не столько содержится критика, сколько просто констатируется факт. Имеющая большое значение новая терминология, введенная благодаря теории информации, отражает тенденцию к *синтезу*; синтез является одной из самых существенных особенностей теории информации, и на необходимость его охотно указывают все философы. Некоторые из новых терминов: «надежность», «канал», «передача сообщений», «искажения», «шумовой фон», «потери», «реакции», «сигнал», «периодичность» — позволяют ввести в философскую психологию понятия, которыми эта наука пренебрегала, но которые в той же мере присущи нашему миру, как и абстрактные понятия, унаследованные из интроспективной психологии прошлых веков.

С другой стороны, такие понятия, как память, минимальное время восприятия, длительность, выбор, намерение, предыстория, предсказуемость, вводятся с помощью теории информации в те области науки и техники, где этими понятиями пренебрегали или где к ним недоверчиво относились просто потому, что не видели конкретных явлений, к которым их можно применить: ведь для этого потребовались подлинны сдвиги в образе мышления, надо было смело отвлечься от некоторых аспектов действительности. Так, традиционная физика имела дело с непрерывными изменениями и линейными обратимыми явлениями, которые по существу представляют собой абстракцию. Традиционная физика не интересовалась такими вещами, как ведро, которое опорожняется и уже более не наполняется, как куски разбитого стекла, которое,

очевидно, так и остается разбитым. Она не интересовалась пешками, перемещаемыми на шахматной доске, или перфокартами, на которых машина для статистической обработки данных пробивает отверстия. Традиционная физика довольствовалась изучением «законов» течения воды через край ведра, «законов» распределения сил в куске стекла, «законов» трения пешек о шахматную доску, «законов» вдавливания перфоратора в картон, и исследование останавливалось в тот момент, когда явление настолько меняло свой характер, что превращалось уже в *другое* явление.

Несомненно, что при попытке использовать обширную и разнородную терминологию теории информации в психологических и философских исследованиях возникнут определенные трудности. Чтобы в какой-то мере ослабить эти трудности, мы сочли полезным привести в конце книги указатель используемых терминов со ссылкой на страницы, где эти термины определяются.

Теория информации представляет собой широкую научную теорию, которая ставит своей целью объединить огромное число разрозненных фактов и законов, порой очевидных и почти банальных, порой же совершенно новых, причем между этими двумя типами явлений не делается различий. В этом отношении она становится в один ряд с другими научными теориями. Если же она оставляет без внимания некоторые факты, не может ответить на некоторые вопросы или вступает в противоречие с более традиционными теориями, нам остается вместе с Ароном вспомнить, что «цель науки — не всеобщее примирение, а постоянно возобновляемое поступательное движение».

§ 3. ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Основное отправное положение настоящей работы, естественно вытекающее из материальности связи, сводится к тому, что *информация* есть *измеримая величина*, характеризующая процесс связи. Осуществлять ближнюю или дальнюю связь — значит что-то передавать; это «что-то» представляет собой *сложность* последовательности элементов, и первый результат, который нам дает эта теория, можно сформулировать так: информация — нечто существенно отличное от смысла, значения; информация — это только мера сложности.

Значение сообщения создается совокупностью априорных условий, общих для приемника и передатчика, следовательно, оно *не передается*, оно потенциально заранее

существует в сообщении. От передатчика к приемнику передается только сложность, и сложность в самом деле есть то, чем не располагает приемник, сложность *непредсказуема*, и мерой информации является скорее не число переданных символов, а эффективность этих символов, *оригинальность* группировок этих символов, рассматриваемая как противоположность *банальности* предсказуемого сообщения.

Таким образом, *оригинальность* является одним из основных понятий теории, и проведенное здесь исследование восприятия форм привело нас к противопоставлению *оригинальности* (*originalité*) и *понятности* (*intelligibilité*), поскольку понятны только *формы*, а они уменьшают предсказуемость и, следовательно, оригинальность. Таким образом, осуществляется разделение величин оригинальность/понятность, так что понятность в операционном смысле является синонимом банальности сообщения. Этимологический смысл слова «понятность» (*лат. interligere*¹⁾) подтверждает, что наиболее понятным должно быть то, что имеет наибольшее число *связей* и, следовательно, наиболее часто встречается в процессе мышления. Таким образом, наиболее понятное в то же время и наиболее банально, а положение нашего сознания между понятностью и творчеством такое же, как и его положение между банальностью и оригинальностью. Понятие оригинальности является одним из тех присущих человеческому уму *основных понятий*, на существование которых указал Белэн Мильерон; совершенно ясно, что развитие этого понятия позволяет создать фундаментальную научную теорию.

Точнее говоря, изучение формы как совокупности элементов восприятия, предсказуемых либо в короткий промежуток минимального времени восприятия, либо благодаря процессу развертки, приводит нас к необходимости рассматривать *след* настоящего момента, остающийся в сознании на протяжении некоторого отрезка времени (оперативная память, запоминание); восприятие формы рассматривается как *непосредственное восприятие автокорреляционной функции*, благодаря чему эта функция приобретает большое значение, что в психологии до сих пор не отмечалось. Сообщение — это сложная *форма*, и мерой ее сложности является «уровень информации». Теория информации имеет дело с целым рядом форм. Сообщение же передает совокупность форм из одной точки в другую.

¹⁾ Буквально, «лежать между чем-либо». — *Прим. ред.*

Некоторые из этих *форм*, уменьшающих оригинальность и позволяющих усвоить сообщение, носят постоянный характер. Такие формы (они называются *символами*) можно *нормализовать* и свести в *набор*. В одних и тех же психофизических элементах сообщения содержатся различные символы в зависимости от того, каким образом группируются условные обозначения, содержащиеся в памяти индивидуума. Некоторые из этих форм носят случайный, приближенный характер, и мы можем только «закрывать пари» о будущем восприятии по его состоянию в прошлом или в настоящий момент. Среди этих случайных форм, подчиняющихся структурным правилам, а не правилам символики, одной из наиболее важных является *периодичность*. Периодичность понимается здесь не столько как абсолютное математическое свойство, сколько как измеримая величина, мера регулярности восприятия во времени или пространстве, не зависящая от того, производится ли сознательная *развертка* сообщения или нет.

Нашим восприятием управляют два «пространства физического времени»: одно достаточно хорошо определенное, относительно хорошо измеримое, то, что мы называли минимальным временем восприятия, и другое, более неопределенное, более изменчивое — протяженность непосредственно воспринимаемой длительности. В области *периодичности* физических явлений минимальное время восприятия проводит грань между восприятием степени ритмической регулярности, т. е. периодичности как временного или пространственного *качества воспринимаемой материи*, и непосредственным восприятием *ритма* — предсказуемости событий будущего.

Так, периодичность воспринимаемого звука в физическом смысле составляет предмет изучения акустики, в теории же восприятий этой периодичностью как таковой *пренебрегают*, ее рассматривают как непосредственно воспринимаемое свойство *звуковой материи* (Klangstoff), заполняющей время и аналогичной цвету в зрительном впечатлении. В звуковой области этот анализ показывает, что «высота» звука представляет собой важный частный случай тембра, когда тембр проявляется в устойчивой высоте основного тона в течение времени, превышающего минимальное время восприятия. Периодичность воспринимается только в том случае, когда она проявляется на отрезках времени, достаточно больших, чтобы сами они могли быть восприняты: например, ритмы, мелодии, такты и т. д., которые до сих пор в физике практически не рассматривались как периодические явления.

Из свойств символов и из правил, которым подчиняются формы, вытекает, что *взаимосвязи* этих символов и правил, приводящие к некоторому ограничению набора простейших символов и увеличению избыточности, вместе с тем дают важные сведения о структуре сообщения. Вся теория сообщений, в особенности художественных сообщений, должна в качестве основной задачи ставить определение этих структур, взаимно связанных своими законами и наборами. Такова цель «*физики сообщений*» как составной части экспериментальной эстетики.

Наилучшим примером для физики сообщений является звуковое сообщение, и в особенности музыкальное сообщение, которое надо исследовать, исходя непосредственно из его материального воплощения, а не из партитуры — искусственной схемы действий, интересующей в первую очередь только исполнителя. Феноменологическое изучение сообщений должно носить описательный характер. Оно позволяет, исходя из психофизических элементов слуха, установить существование таких последовательно связанных структур, которые характеризуют сообщение самого общего вида. Такие элементы, объединенные в соответствии с «законами гармонии», дающими операционные определения понятиям гармонии и тембра, образуют символы, определенные на квантах длительности. Воспроизведенные во времени, такие символы образуют *звуковой объект*, который можно выделить экспериментально. Группы звуковых объектов образуют на протяжении времени длительности ощущения звуковые ячейки, воспринимаемые как *формы*, в свою очередь входящие в макроструктуры. В макроструктурах происходят нерегулярные чередования банальности и оригинальности.

При анализе структур сообщения, проведенном с помощью теории информации, предполагалось, что возможно осуществить модели чувственного восприятия с использованием вычислительных машин последовательного действия со случайным алгоритмом, если составить программы применительно к этим структурам.

Музыкальное сообщение — это типичный образец художественного сообщения. Мы часто воспринимаем художественное сообщение *повторно*, но от этого оно не теряет своей ценности. Это заставляет нас исследовать, каким образом осуществляется взаимосвязь символов в некоторых художественных сообщениях. Исследование музыкальных сигналов показывает, что в действительности имеются две различные одновременные структуры психофизических элементов, которые можно извлечь из сообщения, и, следовательно, существуют два отдельных сообщения:

— *семантическое* сообщение, характеризующееся универсальной системой символов, переводимое на другой язык, подготавливающее действия и подчиняющееся некоторой внешней *металогике*. Теория информации в первую очередь интересуется семантическим сообщением, так как именно оно представляет собой объект мышления, передаваемый для того, чтобы вызвать реакции у приемника;

— *эстетическое* сообщение, символы которого нам неизвестны, а правила построения которого известны очень мало; эстетическое сообщение непереводаемо¹⁾ и индивидуально.

Каждое из этих сообщений имеет свою собственную сложность, подчиняющуюся законам автономных структур, и оба они в различной пропорции присутствуют в самых разнообразных сообщениях. Соотношение между семантическим и эстетическим меняется в очень широких пределах в зависимости от того, какую роль должно играть полное сообщение. Так, телеграфное сообщение содержит в подавляющем большинстве семантическую информацию, разговорная речь в общем случае, по-видимому, несет информацию обоих видов приблизительно в одинаковом соотношении. В музыкальном сообщении семантическая часть строго подчиняется структурным правилам и поэтому несет очень мало информации (музыкальная нотация), а эстетическая часть несет чрезвычайно богатую информацию, которую, как правило, *не может вместить* человек-приемник.

На деле же прием эстетического сообщения возможен при условии, что как семантическая, так и эстетическая информации воспринимаются в ограниченном количестве, и ограничения эти зависят от ранее приобретенной и зафиксированной в памяти приемника *культуры*, а также от его способности к *вниманию*. Для того чтобы сообщение было понятным, его сложность в среднем не должна быть слишком богатой, однако на практике в произведениях искусства всегда имеет место обратное и уже само их богатство заставляет приемника *исчерпывать* сообщение, воспринимая его по несколько раз.

Структура художественного сообщения в очень большой степени, хотя и не полностью, определяется его понятностью и делает возможным взаимодействие семантической и эстетической информации, которые изменчивы и нерегулярным образом поступают к приемнику в виде последовательных пакетов информации. В каждом из таких

пакетов информация с течением времени или при развертке сообщения убывает, а банальность увеличивается. Так, в музыкальном сообщении, очень богатом по содержанию, широко применяются повторы, которые постепенно снижают уровень информации.

Предел восприятия приемника, налагающий ограничения на понятность, играет существенную роль в сложных структурных образованиях и в структурах, определяющих взаимодействие различных сообщений. Такое взаимодействие обычно проявляется либо при согласованном воздействии, использующем различные каналы восприятия информации (звуковое кино, балет и т. д.), либо при различных способах использования одних и тех же каналов (речитатив, опера, иллюстрированная книга и т. д.).

Из материальности связи, которую мы подчеркивали в начале этой главы, следует, что она подчиняется основным законам общей физики, в первую очередь тем из них, где находят применение *приблизительные оценки*, используемые при квантовании порогов восприятия, и где учитывается процесс *разрушения*, например шум, создающий неопределенность в сообщении.

Шум образует как бы задний план, на фоне которого мы воспринимаем сообщения из окружающего мира. Чтобы воздействовать на наше восприятие, сообщения должны достаточно выделяться на этом фоне, а существование непрерывных беспорядочных возмущений этого фона позволяет сформулировать *два принципа неопределенности* для восприятия.

Первый принцип связывает крайний порог нашей чувствительности с априорными знаниями, которыми мы располагаем о качественной природе этого восприятия, а именно о его частоте: мера неопределенности воспринимаемого сигнала, умноженная на меру неопределенности его частоты, есть величина постоянная. Отсюда следует, например, что мы можем распознать очень слабый звук, только выделив его на фоне шумов и при условии, что априори имеются сведения о его высоте.

Второй принцип связывает воспринимаемый сигнал с минимальной задержкой времени, требуемой для его восприятия: мера неопределенности сигнала, умноженная на меру неопределенности его длительности, есть величина постоянная.

Эти универсальные правила играют в области восприятия такую же роль, какую принцип неопределенности Гейзенберга играет в области материальных физико-химических объектов.

§ 4. МЕТОДЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ЭСТЕТИКИ

Изложенные выше концепции дают возможность установить некоторые *методы* экспериментальной эстетики. Среди них можно назвать следующие:

А. Один из наиболее общих эвристических методов эстетики состоит в том, что, пользуясь *материальностью* произведения искусства, последовательно «разрушают» это произведение таким образом, чтобы величина разрушенной части была известна. При этом исследуются изменения эстетических ощущений, ценности и возможностей опознавания произведения в зависимости от степени разрушения. Этот метод называется *методом вариаций*.

Применяемый способ разрушения зависит

- 1) от природы художественного произведения (звуковое, воспринимаемое зрительно и т. д.);
- 2) от априорных сведений о произведении, которые могут быть уже известны (формы, сюжеты и т. д.);
- 3) от факторов, которые мы стараемся обнаружить в произведении (регулярность, оригинальность, семантика и т. д.).

Что касается способов такого разрушения, то они различны в каждом отдельном случае, но мы отметим следующие:

Искажения (нем. *Verzerrung*) отдельных измерений канала передачи, выявляющие относительные параметры восприятия по этим каналам. Примеры: эллиптическое искажение в вертикальном направлении (сплющивание), примененное к картине Эль Греко, горизонтальное оптическое искажение картины Домье, трапецидальные искажения, приводящие к искривлению перспективы или к смещению нормальной точки зрения, соответствующей данной картине; искажения при освещении картин монохроматическим светом, фильтрующим воспринимаемую информацию о цвете; вырезание участков звукового спектра музыкального сигнала и т. д. [III-11].

Шумы, т. е. случайные изменения элементов. Примеры: проецирование на копию картины изображения, состоящего из случайно расположенных черных пятен; маскировка посредством белого шума фонетического или музыкального сообщения.

Б. Кроме того, следует упомянуть ввиду его особой важности один частный случай метода А — метод *периодического разрушения* сообщений, заданных во времени или пространстве. С его помощью эстетическое сообщение «крошится на куски», так как от него периодически отвлекают внимание. Этот способ, которым мы пользовались

для определения избыточности письменного текста (гл. I) и временных сигналов (гл. V), имеет весьма общее значение, поскольку периодически исключается одна часть сообщения, а порядок воспроизведения сколько-нибудь существенно не изменяется. Так, применительно к зрительно воспринимаемому сообщению этот способ может сводиться к наложению на картину сетки с периодической черной или серой структурой и к исследованию изменений эстетического восприятия в зависимости от расстояния между полосками и шириной полосок в сетке. Применение такого способа требует известной осторожности; в частности, следует избегать того, чтобы «сигналы» штриховки избирательно отвлекали внимание приемника информации.

В. Метод частичного или бесконечного *ограничения*, описанный в гл. V, связан, в частности, с методами искажения. Временной или пространственный сигнал методически преобразуется в двоичную последовательность, и мы уже видели, что это преобразование, совершенно по-разному воздействующее на семантическую и эстетическую информацию, осуществляет фильтрацию эстетической информации; примеры этому мы встречали в области звуковых сообщений. В области зрительных сообщений метод можно применять, например, следующим образом: получить сверхконтрастную фотографию, изображением на которой будут черные и белые пятна, выделяющие строение общего пятна. Этот метод позволяет не только исследовать линии, но и изучить такой фактор, как композиция (Вален).

Г. *Инверсия* — изменение направления — самостоятельный метод, применимый только к произведениям искусства, исполняемым во времени. Художественный материал не разрушается, а воспроизводится в другом, необычном порядке, причем перспектива нарушается. В этой книге мы настаивали на возможности применения указанного метода для изучения эстетической информации, однако метод предоставляет неограниченное поле деятельности во всех областях искусства, где произведения исполняются во времени или восприятие связано с последовательностью событий, *упорядоченных* во времени (фильм, балет, мультипликация и т. д.). Здесь открывается реальная возможность осуществить опыты над временем.

Д. *Преобразование сообщений* — прием, основанный на структурных аналогиях, с которыми часто приходилось иметь дело в этой книге. Пусть получены какой-либо закон, опытные данные или результат, справедливые для одного

данного типа сообщений. Затем каждый элемент такого сообщения переводится в сообщение другого типа. Прием позволяет исследовать, какими в этом случае будут *эквивалентные* первоначальному закон, опытные данные или результат, какой вид примут они и можно ли считать, что выводы останутся верными. Этот *эвристический* метод в большей степени, чем метод собственно эстетики, ставит своей целью не столько установить ценность полученных результатов, сколько предложить постановку возможных опытов такого, например, типа: в звуковом канале имеется некоторая структура с некоторым законом выбора элементов, требуется выяснить, что соответствует ей в зрительном канале — картине или последовательности кинокадров.

Е. Рассмотренный выше метод, к которому мы часто обращались при изучении музыки, нашел в этой книге особое применение при исследовании соответствий между речевыми и музыкальными сообщениями¹⁾. Музыкальное сообщение несет эстетическую информацию, законы которой очень трудно выявить. Всякий раз, когда возникает серьезная трудность, надо попытаться найти соответствие музыкальным элементам и структурам в области фонетики и определить, каким образом здесь проявляет себя аналогичная трудность. Музыка — это язык, не выражающий определенного значения, но изучение языка, имеющего значение, может дать нам указания относительно морфологии музыки (хотя при этом всегда следует помнить о необходимых мерах предосторожности).

Ж. Наконец, к общим эвристическим методам теории восприятия следует отнести метод, которым мы постоянно пользовались в этой книге, — метод *использования искусственных каналов связи*. Именно здесь исторически берет свое начало теория информации. В объективной психологии сама постановка проблемы восприятия подразумевает наличие механизма для ее решения, и естественно искать указания на устройство этого механизма, обратившись к техническим каналам, созданным для того, чтобы расширить восприятие за пределы, устанавливаемые физиологическими возможностями. Однако ни в коем случае нельзя заранее судить об идентичности искусственных механизмов и естественных процессов, и это положение следует неустанно подчеркивать, поскольку его непонимание, по-видимому, может вызвать, по крайней мере среди широкой публики, бесчисленное количество ошибок.

¹⁾ О соответствиях между речевыми и интонационными сообщениями см., например, [*IV-47, 48, 55, 75].— *Прим. ред.*

Говоря точнее, наличие механизмов, осуществляющих *функциональные аналогии*, играет в науке о человеке такую же роль, как и *теоремы существования* в логике. Ничего не говоря о реальном решении, они показывают существование *по крайней мере одного* объективного научного решения поставленной задачи. Так, мы получали много нового, обращаясь к работе телеграфа при исследовании кодов и систем символов, к работе телефона при исследовании возможностей передачи речи и музыки, к работе телевидения при исследовании развертки или структуры формы (образа) и т. д. Таким образом, чтобы понять психологические механизмы, мы прибегали к искусственным устройствам и возводили этот прием мышления в ранг эвристических методов.

Настоящая книга ставила перед собой три цели: *поставить проблемы* (гл. I), *развить* их (содержание всей книги) и наметить *программу* дальнейших исследований. И в этом кратком обзоре результатов теории передачи сообщений, нашедших применение в методологии эстетики, совершенно естественно содержится программа исследований, имеющих целью систематизировать и обобщить полученные результаты. Среди этих исследований есть как технические, так и теоретические, но совершенно очевидно, что в действительности экспериментальные исследования слишком связаны друг с другом для того, чтобы можно было не учитывать влияния одного опыта на все другие, и было бы бесполезно пытаться определить строгий порядок, в котором следует развивать теорию: этот порядок всегда останется произвольным. Ограничимся поэтому перечислением некоторых наиболее очевидных направлений развития.

Определение набора элементов в зрительном канале имеет важные технические приложения при репродукции картин; то же можно сказать и об исследовании законов, связывающих формат и оптимальное использование видимого поля; наброски таких исследований содержатся в трудах американских специалистов по психологии и эстетике [VII-8].

Сложное исследование динамического повышения порогов слышимости или видимости, о котором мы вкратце упомянули в гл. III, § 4, имеет большое теоретическое значение, потому что оно затрагивает один из основных механизмов восприятия.

Если еще глубже проникнуть в суть эстетических структур, можно определить избыточность и семантическую информацию игрового фильма или мультипликации с

помощью *инверсии* отрывков¹⁾, в которых действие вполне определено и которые легко объединить в однородные группы, а также с помощью последовательного выбрасывания все большего и большего числа кадров. Это выбрасывание можно осуществлять:

— либо *систематически* (известно, что выбрасывание одного кадра из 24 не отражается ни на звуковом сопровождении, ни на развитии действия). Это приводит к ускорению действия, порог восприятия или максимальный предел которого непосредственно дает нам информацию о нашем восприятии времени;

— либо *избирательно*, так что получается телеграфный стиль действия; предельный случай соответствует остаточной семантической информации.

Исследование *индекса понятности* музыки, играющего примерно такую же роль, что и индекс Флеша, описывающий понятность текста, также непосредственно связано с семантической информацией, но отражает одновременно и важный социально-культурный аспект дела.

Реализация аналоговой модели восприятия, в которой внутренняя организация соответствует последовательным структурам сообщений, воспринимаемых органами чувств (этим сообщениям посвящены гл. V и VI); изучение взаимодействия между различными уровнями символов и их наборов и применение результатов этих исследований для составления программ цифровых вычислительных машин, сочиняющих музыку (Хиллер и Изаксон [* IV-99—101]²⁾) — важные направления, позволяющие обнаружить известную степень упорядоченности в непонятном и неупорядоченном.

§ 5. ФИЛОСОФСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ТЕОРИИ ИНФОРМАЦИИ

Целью настоящей книги было познакомить читателя с теорией информации. Вначале была изложена теория информации в точном смысле этого понятия, затем дано *развитие* этой теории и описаны ее применения к некоторым наиболее простым и наиболее конкретным аспектам эстетического восприятия, рассматриваемого как частный случай обычного восприятия.

¹⁾ Трагическим примером такой инверсии является фильм о Мексике, снятый Эйзенштейном, но смонтированный другими лицами, нарушившими первоначальную эстетическую структуру фильма (см. С. М. Эйзенштейн [*V-40]). — *Прим. ред.*

²⁾ См. также [*IV-86—91, 94—102, 105, 121, 122, 126, 136]. —

В этом изложении мы в основных чертах применяли гегелевский метод: мы старались выделить диалектические противоположности, характеризуя оба полюса таким образом, чтобы можно было выявить их противоречие; затем, осуществляя быстрый и неполный синтез, мы старались отыскать в этом синтезе один из полюсов новой противоположности; вслед за этим определялся полюс, противоположный найденному. Таким путем установленное вначале различие между полюсами увеличивается, а исходная точка зрения непрерывно подкрепляется.

Теория информации в том виде, в каком мы ее заимствовали у физиков — специалистов по теории связи, была по существу атомистической и служила для своеобразной «развертки»: поступающие извне сообщения разлагались на простые элементы, которые каким-нибудь образом воспринимались по одному наподобие того, как это делается в механических системах, давших толчок развитию теории информации. С этой стороны теорию информации можно было согласовать только с психофизикой механистического толка; кстати, следует подчеркнуть плодотворность такого применения теории информации.

В настоящей работе мы сделали попытку придать теории более общий характер и привести ее в соответствие с психологией форм путем развития понятия формы.

Теория информации претендует на роль фундаментальной научной теории. Способность к синтезу позволяет ей охватить огромное число разрозненных фактов, частью банальных, ограничивающих ее возможности, частью неожиданных (принципы неопределенности), оправдывающих существование такой теории как одной из форм представления.

Философия вскрывает содержание используемых в науке понятий, придавая им универсальность. Именно поэтому она интересуется всякой синтетической теорией. Хотя, как и всякая теория при своем возникновении, теория информации ставит перед собой только задачи систематизации, в которых основной упор делается на выявление внутренних связей, а не на установление соответствия с другими теориями, огромное число опытов и результатов, которые теория информации позволяет объединить в логической перспективе, заставляют отделить ее от произвольных научных систем.

В самом деле, она представляет огромное многообразие идей, стремящееся воссоздать необычность «связи»; для этого связь представляется в своем материальном аспекте. Как раз эта точка зрения и привела нас к понятию звуковых объектов (гл. IV).

Теория связи пока ставит больше задач, чем она может решить. Осуществляя попытку синтеза, она в то же время содержит в себе определенную программу, и нам представляется, что она является вполне обоснованной с философской точки зрения именно потому, что имеет главным образом *эвристическую* ценность. Какая бы критика ни была направлена в адрес этой теории и как бы ни оспаривались основные ее понятия — материальность связи, оригинальность, противопоставление понятного и оригинального, — теория связи оставляет неограниченный простор для исследований, так же как и наиболее значительные теории, ей предшествовавшие. На этом основании она, по-видимому, определенным образом вынуждает принять ее точку зрения, поскольку она пропускает картину мира через восприятие индивидуума, характеризующееся неопределенностью, и, таким образом, отводит человеку конкретное место в материальном мире. При этом само наличие человека становится условием познания мира, тогда как роль человека асимптотически сводилась к нулю в науке XIX века, видевшей во всемогущей термодинамике, познанной всеведущим существом, полное и окончательное описание Вселенной.

Библиография ¹⁾

Ввиду того что теория информации объединяет много различных дисциплин, представляется целесообразным сгруппировать библиографический материал по разделам в соответствии с порядком изложения, а именно:

- I. Основы теории информации.
- II. Общие вопросы теории информации.
- III. Теория языка.
- IV. Музыка и музыковедение.
- V. Эстетика.
- VI. Психофизиология слуха.
- VII. Вопросы психологии и философии.

В литературе постоянно смешивают собственно теорию информации, которая представляет собой науку о передаче сообщений, и кибернетику — общую науку о передаче, переработке и использовании информации. Во многих работах, упоминаемых в разд. I, рассматриваются оба эти вопроса.

I. ОСНОВЫ ТЕОРИИ ИНФОРМАЦИИ

I-1. Shannon C. E., Weaver W., *The mathematical theory of communication*, Univ. Illinois Press, Urbana, 1949, 117 p.; русский перевод см. [*I-14].

Фундаментальная работа, написанная хорошим языком.

¹⁾ Приводимая автором аннотированная библиография значительно расширена и дополнена редакторами русского перевода. Добавленные литературные источники отмечены звездочкой.— *Прим. ред.*

I-2. Wiener N., *Cybernetics, or control and communication in animal and machine* — ASI 1053, Hermann, vol. I, Paris, 1948, 194 p.; русский перевод: В и н е р Н., Кибернетика, изд-во «Советское радио», 1958. См. также: В и н е р Н., Новые главы кибернетики, изд-во «Советское радио», 1963.

I-3. *La Cybernétique. Théorie du signal et de l'information*, Ed. Revue d'optique, 1951, 318 p.

Сборник докладов на конференции под председательством Л. де Бройля. Особенно рекомендуется прочесть доклады I. Loeb, P. Aigrain, D. Gabor, P. Chavasse, Y. Delbord, которые, несмотря на название сборника, посвящены почти исключительно теории информации.

I-4. Guilbaud T., *La Cybernétique*, P. U. F., Que sais-je?, № 638, Paris, 1954, 136 p.

Хорошее введение, содержащее обзор основных сведений и их критическую оценку.

I-5. «Cybernetics», Trans. 5th, 6th, 7th, 8th, 9th Conf., Macy, New Jersey, 1949—1952.

I-6. Jeffress, von Neumann, McCulloch a. o., «Cerebral Mechanism in Behaviour». The Bison Symposium, Wiley, New York, 1949.

В особенности рекомендуется ознакомиться со статьями von Neumann, «General and Logical Theory of Automata» (русский перевод: фон Нейман Дж., «Общая и логическая теория автоматов», в книге Тьюринг А., Может ли машина мыслить?, Физматгиз, 1960) и McCulloch, «Why the Mind is in the Head».

I-7. Harrison C. W., «Television with linear prediction», *Bell System Tech. J.*, 764—783, July (1952).

I-8. Moles A., «Théorie de l'Information, Electronique et Cybernétique», *Onde Electrique*, 637—651, Nov. (1953).

I-9. Holding D. H., *Information Theory in Psychology*.

Доклад, присланный на конференцию по применению теории информации к исследованию человека-оператора, Министерство снабжения, Лондон, 19 сент. 1955.

В докладе приведена обширная библиография, содержащая около 60 названий.

I-10. Locke W. N., Booth A. D., *Machine translation of languages*, Proc. Conf. of M. I. T. (1952), Wiley, New York, 1955, 244 p.

Сборник докладов, дающий представление о состоянии работ по машинному переводу. Русский перевод: Машинный перевод, сб. статей, ИЛ, 1957¹⁾.

I-11. Taylor W. K., *The Electrical Simulation of Some Nervous System Functional Activities*.

Доклад, присланный на 3-й симпозиум по теории информации, Лондон, сент. 1955.

I-12. Proc. 2nd Symp. on Information Theory (Sept. 1952), Butterworth, London, 1954, 250 p.

I-13. Berkeley E. C., *Cerveaux géants, machines qui pensent*, Dunod, Paris, 1957, 220 p.

¹⁾ По своему содержанию книга скорее должна быть отнесена к разд. III настоящей библиографии.— *Прим. ред.*

*I-14. Шеннон К., Работы по теории информации и кибернетике, ИЛ, 1963.

Сборник, включающий все работы по теории информации ее создателя — К. Шеннона, в том числе полный русский перевод основополагающей работы [I-1]. В книге приведена очень полная библиография русских и иностранных работ по теории информации.

*I-15. Яглом А. М., Яглом И. М., Вероятность и информация, изд. 2, Физматгиз, 1960

Хорошее популярное введение в теорию информации; подробно рассматриваются ее приложения к исследованию речи, музыки и др.

*I-16. Колмогоров А. Н., «Теория передачи информации», Сессия АН СССР по научным проблемам автоматизации производства 1956. Пленарные заседания, Изд-во АН СССР, 1957, стр. 66—99 и 160—161

Обзорный доклад одного из математиков, предвосхитивших ряд основных идей современной теории, а позднее участвовавшего в ее развитии. Рассматриваются вопросы дальнейшего развития теории, в частности указывается на необходимость сравнения разных средств передачи информации с учетом их качественного своеобразия.

*I-17. Бриллюэн Л., Наука и теория информации, Физматгиз, 1960.

Подробно изучаются связи с физической теорией, в частности проблема принципа неопределенности. В последней главе кратко излагается теория семантической информации Карнапа и Бар-Хиллела

*I-18. Kilner D. E., «The characteristics of computers of the second decade» (a review), *Computer Bull.*, 88—112, Dec. (1960); русский перевод: Килнер Д. Е., «Характеристики вычислительных машин второго десятилетия», Кибернетический сборник, № 5, ИЛ, 1962, стр. 169—237.

*I-19. Успенский В. А., «К проблеме построения машинного языка для информационной машины», сб. «Проблемы кибернетики», вып. 2, Физматгиз, 1959, стр. 39—50.

*I-20. Иванов В. В., «Лингвистические вопросы создания машинного языка для информационной машины», Материалы по машинному переводу, сб. I, ЛГУ, 1958, стр. 10—39.

В двух последних работах рассматриваются не специальные вопросы теории информации, а общекибернетическая проблематика систем записи информации в вычислительных машинах, ориентированных на решение задач поиска и хранения научной информации.

*I-21. Мауег-Ерплер W., *Grundlagen und Anwendungen der Informations-Theorie*, Berlin—Göttingen—Heidelberg, 1959.

Общее введение в теорию информации; специальная глава посвящена языку. Дается общая классификация разных типов пространственных и временных сообщений, сходная с той, которая излагается в гл. I книги А. Моля.

*I-22. «Le concept d'information dans la science contemporaine» (*Cahiers de Royaume, Philosophie*, № 5), Paris, 1965.

Сборник статей, посвященных современному состоянию теоретико-информационных исследований применительно к разным областям знаний (молекулярной биологии, педагогике и др.); содержит статью А. Моля об информационной теории восприятия.

II. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ТЕОРИИ ИНФОРМАЦИИ

II-1. Walter W. G., *The living brain*, Duckworth, 1953, 245 p.

Работа общего характера с психологическим уклоном, содержащая также описание исследований автора.

II-2. Ashby W. R., *Design for a brain*, Wiley, New York, 1952, 260 p.; русский перевод: Эшби У. Р., *Конструкция мозга*, ИЛ, 1962.

Книга резюмирует работы автора. Почти половина книги посвящена философским проблемам применения предложенного им научного метода.

II-3. Couffignal L., *Les machines à penser*, Ed. Minuit, 120 p.

В книге делается попытка связать проблемы вычислительной машины с проблемами мышления. Дан очень хороший критический обзор вошедших в употребление логических систем.

II-4. Wiener N., *The Human Use of Human Beings*, Eyre and Spottiswoode, London, 245 p.; русский перевод: Винер Н., *Кибернетика и общество*, ИЛ, 1958.

Некоторые философские вопросы теории информации и кибернетики.

II-5. Sluskin W., *Minds and Machines*, Pelican, Harmondsworth, 1954, 280 p.

II-6. Ruyer R., *Cybernétique et Information*, Flammarion, 1954, 300 p.

II-7. Sutton O. G., *Mathematics in action*, Bell and Sons, London, 1954, 220 p.

В этой работе на стр. 110 дано очень хорошее изложение принципа неопределенности, о котором упоминается в § 4 гл. IV. Кроме того, в гл. VI можно прочесть о значении статистических методов в познании.

II-8. Förster, *Das Gedächtnis*, Deuticke, Wien, 1949, 64 S.

II-9. Mackay D. M., *The Relation of Meaning to the Concepts of Information Theory*.

Доклад, представленный на 3-й симпозиум по теории информации, Лондон, сент. 1955.

II-10. Ashby W. R., *Cybernétique*, Dunod, Paris, 1957, 300 p.

*II-10a. Ashby W. R., *An introduction into cybernetics*, London, 1956; русский перевод: Эшби У. Р., *Введение в кибернетику*, ИЛ, 1959

*II-11. Флоренский П. А., статья в *Энциклопедическом словаре Русского библиографического института Гранат*, 7 изд., т. 44. М., 1927, колонки 143--144

Краткое изложение концепции русского мыслителя П. А. Флоренского, предвосхитившего идею Винера о противопоставлении информации («логоса», или «эктропии» у Флоренского) и энтропии.

*II-12. Колмогоров А. Н., *«Автоматы и жизнь»*, сб. *«Машинный перевод»*, вып. 6, М., 1961.

Отмечается роль диалектики большого для объяснения неповторимости поэтического сообщения; см. также сб. *«Возможное и невозможное в кибернетике»*, изд-во «Наука», 1963.

*II-13. Колмогоров А. Н., «Жизнь и мышление с точки зрения кибернетики», Доклады на теоретической конференции философских семинаров научных учреждений АН СССР, М., 1962.

Расширенный вариант работы [*II-12]. Отмечается, что алгоритмы типа тех, которые выработаны в процессе развития человеческой культуры, требуют очень длительного времени работы мощного автомата; дается критика примитивных примеров моделирования художественного творчества на машинах, отмечается высокий уровень формального анализа художественного творчества в некибернетической литературе и указывается на роль кибернетического исследования наиболее тонких видов творчества.

*II-14. Пирс Дж., Электроны, волны и сообщения, Физматгиз, 1961.

В популярной форме рассматриваются проблемы теории связи, в том числе ее приложения к исследованию языка, синтезированию музыки по определенным правилам и другим вопросам математического изучения искусства.

*II-15. Leonard U., «Pattern recognitions computers as models for form perception», *Psychol. Bull.*, 60, № 1, 40—73 (1963).

Рассматриваются вопросы моделирования процессов восприятия, в том числе восприятия речи, на вычислительных машинах.

*II-16. Бонгард М. М., «Моделирование процесса узнавания на цифровой счетной машине», *Биофизика*, 6, 129—141 (1961).

Описание метода обучения машины процессу, аналогичному распознаванию зрительных образов.

*II-17. Браверман Э. М., «Опыты по обучению машины распознаванию зрительных образов», *Автоматика и телемеханика*, 23, 349—364 (1962).

*II-18. Бонгард М. М., «Моделирование процесса узнавания», *Наука и жизнь*, № 6, 17—25 (1965).

Популярное описание современных методов распознавания образов посредством вычислительных машин.

*II-19. Lévi-Strauss C., «Les mathématiques de l'homme», *Bulletin international des sciences sociales*, vol. VI, № 4, 1954

Обзор проблем, связанных с применением математики в гуманитарных науках.

III. ТЕОРИЯ ЯЗЫКА

III-1. Miller G. A., *Langage et Communications*, Press. Univers., 1956, 298 p.

Фундаментальный труд, резюмирующий работы Массачусетского технологического института и американской научной школы.

III-2. Guiraud P., *Les caractères statistiques du vocabulaire*, P. U. F., Paris, 1954, 104 p.

III-3. Henmon V. A. C., *A French Word Book based on a count of 400 000 running words*, Madison, Wisc.

III-4. Zipf G. K., *The psycho-biology of language*, Mufflin Co., 1953, 336 p.

III-5. Zipf G. K., *Human behaviour and the principle of least effort*, Wesley, Cambridge, 1949, 573 p.

III-6. O g d e n K , R i c h a r d s l A., The meaning of meaning, Harcourt Brace, New York, 1947.

III-7. B o d m e r C., The loom of language, Allen a. Unwin, 1949, 669 p.

III-8. R e v e s z G., Origine et préhistoire du langage, Payot, 234 p.

III-9. B r e s s o n F., «Langage et communications», *Année psychol.*, 53, № 2, 477—502 (1953).

Очень хороший анализ большого числа недавних работ по теории языкознания.

III-10. M o l e s A., «Comment peut-on mesurer le message parlé?», *Folia phoniatrica* (Zürich), 4, № 3, 169—198 (1952).

III-11. M o l e s A., Rôle des facteurs dynamiques dans la caractérisation physique du discours, Cahiers d'Études de Radio-télévision, № 2, 1954, pp. 197—227.

III-12. P o t t e r, K o p p, G r e e n, Visible speech, Van Nostrand, New York, 1946, 200 p.

III-13. W i n c k e l F., «Repetierzusatz-Gerät zum Magnetophon», *Z. für Phonetik*, 5, 15 (1951).

III-14. S h a n n o n a n d O l i v e r, «Entropy of Printed English», *Bell System Tech. J.* (1950); русский перевод близкой работы Шеннона «Предсказание и энтропия печатного английского текста» см. [*I-14].

III-15. C e i l l i e r R., La cryptographie, P. U. F., Que sais-je?, № 116, Paris.

III-16. J e s p e r s e n O., Language, its nature, development and origin, 7th ed., Allen a. Unwin, 1949, 400 p.

III-17. F r y D. B., «Communication theory and linguistic theory», Proc. 1st Symp. on Information Theory, London, 1950, pp. 120—124.

III-18. F r y, D e n e s, «Experiments in mechanical speech recognition», 3rd Symp. on Information theory, London, sept. 1955.

III-19. M e y e r - E p p l e r W., «Anwendungen der Kommunikationsforschung auf lautsprachliche und typographische Probleme», *Sprachforum*, 1, № 1, 70—77 (1955).

III-20. C h e r r y C., On Human Communication, M. I. T. Communication Series, Wiley, 1957, 334 p.

III-21. H e r d a n G., Language as Choice and Chance, Noordhoff, 1956, 356 p.

*III-22. Д о б р у ш и н Р. Л., «Математические методы в лингвистике», *Матем. просвещение*, № 6 (1961).

Рассматриваются вопросы применения теории информации к лингвистике.

*III-23. Я г л о м И. М., Д о б р у ш и н Р. Л., Я г л о м А. М., «Теория информации и лингвистика», *Вопросы языкознания*, № 1 (1960).

Обзорная статья.

*III-24. А х м а н о в а О. С., М е л ь ч у к И. А., П а д у ч е в а Е. В., Ф р у м к и н а Р. М., О точных методах исследования языка, М., 1961, стр. 98—149.

Обзор работ по применению теории информации к исследованию языка.

*III-25. Новое в лингвистике, вып. II, ИЛ, 1962, стр. 139—388.

Рассматриваются вопросы применения современной электроакустической аппаратуры и теории информации в лингвистике.

*III-26. И в а н о в В. В., Лингвистика математическая, статья в энциклопедии «Автоматизация производства и промышленная электроника», т. 2, М., 1963, стр. 160—163.

Краткое изложение теоретико-информационного подхода А. Н. Колмогорова к поэтическому языку.

*III-27. И в а н о в В. В., «Некоторые проблемы современной лингвистики», *Народы Азии и Африки*, № 4, 156—178 (1963).

Обзор основных проблем математической лингвистики.

*III-28. J a k o b s o n R., «Linguistics and Communication Theory», сб. «Structure of language and its mathematical aspects», Proc of symposia in appl. math. Am. math. soc., Providence, Rhode Island, 1961.

Обзор проблем, возникающих благодаря применению теории информации к лингвистике. В конце статьи отмечается значение статистических работ советских лингвистов по изучению стиха, в частности работ Б. В. Томашевского.

*III-29. Ж о л к о в с к и й А. К., Доклад на Советании по изучению поэтического языка, *Машинный перевод и прикладная лингвистика*, № 7, 88—101 (1962).

Подробный обзор работ А. Н. Колмогорова по теоретико-информационному и статистическому исследованию стихотворного языка.

*III-30. Р е в з и н И. И., Доклад на Советании в г. Горьком, посвященном применению математических методов к изучению языка художественной литературы, сб. «Структурно-типологические исследования», М., 1962.

Обзор работ А. Н. Колмогорова.

*III-31. И в а н о в В. В., «Лингвистические вопросы стихотворного перевода», Труды Института точной механики и вычислительной техники, т. 2, сб «Машинный перевод», М., 1961.

Рассматриваются проблемы воплощения поэтической модели текста средствами данного языка.

*III-32. Poetyka, Warszawa, 1961.

Сборник статей и докладов, прочитанных на Международной конференции по поэтике, в том числе докладов, посвященных статистическому и теоретико-информационному подходу к изучению поэтического языка; среди статей имеются работа А. Моля об анализе структур поэтического текста на разных уровнях восприятия, доклад Р. О. Якобсона о грамматике поэзии и поэзии грамматики, статистическое исследование Ю. Ворончака по польскому стиху и др.

*III-33. Н у х л е у А., Literature and Science, London, 1963. Написанная незадолго до смерти книга известного английского писателя содержит тонкий анализ поэтического языка в его отличии от языка науки.

- *III-34. *Style in language*, New York, 1960.
Сборник работ по структурному исследованию языка и поэтики¹⁾.
- *III-35. L e v ý J., «Teorie informace a literární proces». *Česká literatura*, № 11, 281—307 (1963).
Обзорная статья чехословацкого филолога, посвященная применению теории информации к исследованию языка и стиха; в статье в значительной степени использован материал книги А. Моля.
- *III-36. Л е б е д е в Д. С., Г а р м а ш В. А., «Статистический анализ трехбуквенных сочетаний русского текста», *Проблемы передачи информации*, вып. 2, М., 1959, стр. 78—80.
Приводятся статистические и теоретико-информационные данные по русскому языку.
- *III-37. L e v ý J., «Kombinační možnosti verše», *Československá rusistika*, № 7, 2 (1962)
Исследуются соотношения между структурой словаря языка и комбинационными возможностями стиха.
- *III-38. L e v ý J., «Předběžně poznámky k informační analýze verše», *Slovenská literatúra*, № 11 (1964).
Обзор проблем, возникающих при теоретико-информационном и статистическом исследовании стиха.
- *III-39. K r a s n o v á N., «K teórii informácie v literárnej vede», *Slovenská literatúra*, № 11 (1964).
Обзорная статья о применении идей теории информации в поэтике.
- *III-40. T r z y g a d l o w s k i J., «Information theory and literary genres», *Zagadnienia rodzajów literackich*, 6, № 1 (6), 41—45 (1961).
- *III-41. К о н д р а т о в А. М., Теория информации и поэтика, сб. «Проблемы кибернетики», вып. 9, Физматгиз, 1963, стр. 279—286.
Подсчет ритмических типов слов в прозаическом тексте и в стихотворном языке.
- *III-42. А н д р е й Б е л ы й, Символизм, Москва, 1910.
Пионерская работа в области статистического изучения стиха.
- *III-43. Б р ю с о в В. Я., Краткий курс науки о стихе, Москва, 1919.
Общее введение в стиховедение.
- *III-44. Т о м а ш е в с к и й Б. В., О стихе, Л., 1929.
Классическое исследование стиха статистическими и теоретико-вероятностными методами, получившее продолжение в работах А. Н. Колмогорова, указавшего и на некоторые неточности в этой книге.
- *III-45. Ш е н г е л и Г. А., Трактат о русском стихе, М.-П., 1923.
Статистическое исследование.

¹⁾ Работы по поэтике и стиховедению включены в данный раздел библиографии, поскольку в них часто одновременно рассматриваются и собственно лингвистические проблемы. Ср. также разд. V.—
Прим. ред.

*III-46. Тарановски К., Руски дводелни ритмови, Београд, 1953.

Монография, посвященная статистическому исследованию двух-сложных размеров в русском стихе.

*III-47. Колмогоров А. Н., Кондратов А. М., «Ритмика поэм Маяковского», *Вопросы языкознания*, № 3 (1962).

Ритмический анализ поэмы «Люблю» и замечания о ритмической структуре других поэм Маяковского, основанные на статистическом изучении стиха.

*III-48. Колмогоров А. Н., Прохоров А. В., «О долинике современной русской поэзии», *Вопросы языкознания*, № 6 (1963).

Общее введение (см. [*III-49]).

*III-49. Колмогоров А. Н., Прохоров А. В., «О долинике современной русской поэзии (статистическая характеристика долиника Маяковского, Багрицкого, Ахматовой)», *Вопросы языкознания*, № 1 (1964).

Детальное статистическое исследование.

*III-50. Blaskith R. E., «A Multivariate Analysis of Latin Elegiac Verse», *Language and speech*, 196—205, Oct.—Dec. (1963).

Статистический анализ латинского стиха.

*III-51. Jakobson R., Sommerfelt A., «On the Role of Word Pitch Accent in Norwegian Verse», *Studia gratulatoria dedicated to A. W. Groot*, Amsterdam, 1962.

Анализ норвежского стиха со статистическими данными.

*III-52. Нгуен Хай Зыонг, Система тонов и спектры гласных вьетнамского языка, М., 1963.

В приложении описывается алгоритм, порождающий вьетнамские стихи.

*III-53. «Compiuto con un calcolatore elettronico un esperimento di «composizione» poetica», *Schede perfor. e calcolo elettron*, 8, № 3, 30—32 (1962).

Описание элементарного опыта по сочинению стихов с помощью вычислительной машины.

*III-54. Levin S R, Linguistic Structures in Poetry, *Janua linguarum*, Gravenhague, 1962.

Структурно-лингвистический анализ поэтического языка.

*III-55. Томашевский Б. В., Стих и язык, М.-Л., 1959. Сборник исследований, включающий статистический анализ строфической организации поэм Пушкина.

*III-56. Шпитцер Л., «Словесное искусство и наука о языке», сб. «Проблемы литературной формы», Л., 1928.

*III-57. Поливанов Е. Д., «Общий фонетический принцип всякой поэтической техники», *Вопросы языкознания*, № 1 (1963).

Исследование фонологических основ стиха.

*III-58. Гаспаров М. Л., «Статистическое обследование русского трехударного долиника», *Теория вероятностей и ее применения*, 8, № 1, 102—108 (1963).

Работа, основанная на применении методов Б. В. Томашевского и А. Н. Колмогорова.

*III-59. W o r o n c z a k J., «Z badań nad wierszem Biernata z Lublina», *Zagadnienia języka artystycznego, Pamiećnik Literacki*, 49, 3 (1958).

Статистический анализ польского стиха.

*III-60. L o t z J., «A notation for the Germanic Verse Line», *Lingua*, 6, 1, Oct. (1956).

Принципы структурного анализа и условной записи германского стиха.

*III-61. J a k o b s o n R., L o t z J., «Axioms of a Versification System exemplified by the Mordvinian Folksong», *Linguistica. I (Acti instituti hungarici Universitatis holmiensis, ser. B)*, Stockholm, 1951, pp. 5—13.

Принципы аксиоматического описания системы стихосложения, рассмотренные на примере мордовского стиха.

*III-62. J a k o b s o n R., L é v y - S t r a u s s C., «„Les chats“ de Charles Baudelaire», *L'homme*, Janv.—avr. (1962).

Структурный анализ одного стихотворения с точки зрения лингвистики, поэтики и структурной антропологии.

*III-63. Я к о б с о н Р., «Строка Махи о зове горлицы», *Intern. J. of Slavic Linguistics a. poetics*, 3, 1—20 (1960).

Детальный анализ звуковой организации стихотворения чешского поэта Махи.

*III-64. Я к о б с о н Р. О., «Структурата на последното Ботево стихотворение», *Езык и литература*, 16, № 2 (1961).

*III-65. T r i b e t z k o u N. S., «Three philological studies», *Michigan slavic materials*, № 3, Ann Arbor, 1963.

Статистический анализ структуры русской частушки; исследование стиха «Песен западных славян»

*III-66. «Readings in Russian Poetics», *Michigan slavic materials*, № 2, Ann Arbor, 1962.

Издание советских работ по поэтике.

*III-67. Г о м а ш е в с к и й Б. В., *Стилистика и стихосложение*, Л., 1959.

Популярный курс лекций.

*III-68. d e G r o o t A. W., *Algemene Versleer*, Den Haag, 1946.

Общее стиховедение, основанное на лингвистических принципах.

*III-69. Х о л щ е в н и к о в В. Е., *Основы стиховедения. Русское стихосложение*, Л., 1962.

Краткое, но очень содержательное введение в изучение русского стиха.

*III-70. Я к о б с о н Р., *О чешском стихе*, Прага, 1923.

Сравнительное сопоставление чешского и русского стиха на основе лингвистического анализа структур обоих языков.

*III-71. Т ы н я н о в Ю. Н., *Проблема стихотворного языка*, Л., 1924.

*III-72. L o t z J., «Notes on Structural Analysis in Metrics», *Helicon*, 4, 119—146 (1942).

*III-73. Янакиев М., «Некоторые перспективы точного сравнительного изучения стиха в славянских языках», *Славянская филология* (София), 4, 149—175 (1963).

*III-74. Дукельский Н. И., Принципы сегментации речевого потока, М.-Л., 1962.

Результаты анализа звукозаписи речи и экспериментов над ней, в том числе инверсального прослушивания, аналогичного опытам А. Моля.

*III-75. Марков А. А., «Essai d'une recherche statistique sur le texte du roman „Eugène Onegin“», *Bull. Acad. impér. Sci. St.-Petersbourg*, 7, 153—162 (1913)

*III-76. Jakobson R., «Language in operation», *Mélanges Alexandre Koúré*, 1964, p. 269—281.

Анализ «Ворона» Эдгара По с точки зрения структурной лингвистики и поэтики

*III-77. Поэтика, Сборники по теории поэтического языка, I, II, Петроград, 1919.

*III-78. Vendryes J., «La phonologie et la langue poétique», *Revue des cours et des conférences*, 37, № 1 (1935).

*III-79. Rutten M., «Dichtkunst und Phonologie», *Rev. belge de philol. et d'hist.*, 28, № 3—4 (1950).

*III-80. Ratermanis I. B., «A propos de l'harmonie des vers», *Philol. Quart.*, 30 (1951).

*III-81. Ratermanis I. B., Deitz P., «Les fréquences des principales oppositions phonologiques et quelques conséquences esthétiques possibles», *Philol. Quart.*, 34 (1955).

*III-82. Mukarovský J., «La phonologie et la poétique», *Travaux du cercle linguistique de Prague*, vol. IV, Prague, 1931.

*III-83. Householder F. W., «On the problem of sound and meaning», *Word*, 2, № 1 (1946).

Вводится понятие «фонэстемы».

*III-84. Masson D. J., «Some problems in literary phonaesthetics», *Literature and Science. Proceedings of the sixth triennial Congress*, Oxford, 1955.

*III-85. De Groot A. W., «Phonetics in its relation to aesthetics», *Manual of Phonetics* (ed. L. Kaiser), Amsterdam, 1957.

*III-86. Reichard G., Jakobson R., Werth E., «Language and synesthesia», *Word*, 5 (1949).

*III-87. Fonagy J., «Communication in poetry», *Word*, 17, № 2 (1961).

*III-88. Туфанов А., К зауми. Фоническая музыка и функции согласных фонем, Петроград, 1924.

*III-89. «Teorie informace a jazykověda», Praha, 1964.
Сборник работ советских и зарубежных авторов о применении теории информации к языку (в том числе поэтическому).

*III-90. «Математическая лингвистика», сб статей, ИЛ, 1964.
Сборник работ зарубежных авторов, содержащий ряд работ по точному исследованию семантики.

*III-91. Иванов В. В., «Язык в сопоставлении с другими средствами передачи и хранения информации», сб. «Прикладная лингвистика и машинный перевод», Киев, 1962.

*III-92. «Communications et langages», Ouvrage collectif rédigé par A. A. Moles et B. Vallancien, Paris, 1963.

Сборник статей под редакцией А. Моля, посвященный исследованию разных способов общения.

*III-93. Sebeok A., Zep V. J., Concordance and thesaurus of Cheremis poetic language, Gravenhage, 1961.

*III-94. Chastain M. «Nouvelles recherches sur le symbolisme des voyelles», *J. de psychol.*, 1, 75—88 (1964).

*III-95. Pleynet M., «L'image du sens», *Tel Quel*, 18, 71—76 (1964).

Язык как материя поэзии

*III-96. Колмогоров А. Н., «Замечания о ритме „Стихов о советском паспорте“ Маяковского», *Вопросы языкознания*, № 3 (1965).

*III-97. Гаспаров М. Л., «Вольный хорей и вольный ямб Маяковского», *Вопросы языкознания*, № 3 (1965).
Статистическое исследование.

*III-98. Бобров С. П., «Опыт изучения вольного стиха пушкинских „Песен западных славян“», *Теория вероятностей и ее применения*, 9, 2 (1964).

*III-99. Тарановский К., «О взаимоотношении стихотворного ритма и тематики», American contributions to the V-th International congress of slavists I: Linguistic contributions, the Hague, 1963.

*III-100. Ohmann R., «Generative grammars and the concept of literary style», *Word*, 20, № 3, 423—439 (1964).
Литературный стиль с точки зрения синтаксических моделей, разработанных в структурной лингвистике.

*III-101. Peterfulvi J. M., «Etude du symbolisme phonétique par l'appariement de mots sans signification à des figures», *L'année psychologique*, 64, № 2, 411—432 (1964).

Экспериментально-фонетическое исследование фонетического символизма.

*III-102. Dell Humes, «Some North Pacific Coast poems: a problem in anthropological philology», *Amer. Anthropologist*, 67, № 2, 316—341 (1965).

Обзор проблем, возникающих при исследовании структуры стихотворения в связи с задачами перевода (на примере фольклора американских индейцев). Отмечается роль контакта с поэтикой и мифологией для современной структурной лингвистики.

*III-103. Курялович Е., «Поэтический язык с лингвистической точки зрения», в кн. Е. Курялович, *Очерки по лингвистике*, ИЛ, 1962, стр. 418—426.

*III-104. Bogatyrev P. G., «Ausrufe von Austrägern und wandernden Handwerkern als Reklamezeichen», *Beiträge zur Sprachwissenschaft, Volkskunde und Literaturforschung. Steinitz-Festschrift*, Berlin, 1965, стр. 61—73.

Семiotическое исследование, важное для изучения вопроса о соотношении между разговорной и песенной речью.

*III-105. Я ко б с о н Р. О., «О соотношении между песенной и разговорной народной речью», *Вопросы языкознания*, № 3 (1962).

*III-106. Бо га ты ре в П. Г., «Добавочные гласные в народной песне и их функции. (О языке славянских народных песен и его отношении к разговорной речи)», *Славянское языкознание*, М., 1963.

*III-107. M a r k u s S., «Un précurseur de la poétique mathématique: Pius Servien», *Revue roumaine linguist.*, 10, № 4 (1965).

Обзор задач структурного и математического исследования поэтики и эстетики. Отмечается значение различия между научным и поэтическим языком. Ср. V-15.

*III-108. Ре в з и н И. И., «Структурная лингвистика и единство языкознания», *Вопросы языкознания*, № 3, 57—58 (1965).

Понятие остраннения с точки зрения современной науки и задачи анализа художественной речи.

*III-109. Г р и г о р ь е в В. П., *Словарь языка русской советской поэзии*, М., 1965.

Проект, содержащий подробный обзор литературы по структурному анализу поэтического языка.

*III-110. J a k o b s o n R., «Der grammatische Bau des Gedichts von B. Brecht „Wir sind Sie“», *Beiträge zur Sprachwissenschaft, Volkskunde und Literaturforschung*, Berlin, 1965, стр. 175—189.

IV. МУЗЫКА И МУЗЫКОВЕДЕНИЕ

IV-1. C o m b a r i e u J., *La musique, ses lois, son évolution*, Flammarion, Paris, 1911, 350 p.

Хотя эта работа несколько устарела, читатель найдет в ней много интересных и поучительных фактов.

IV-2. N e w m a n n W. S., *Understanding Music*, Harper & Bros, New York, 1952, 302 p.

IV-3. B e l v i a n e s M., *Sociologie musicale*, Payot, 1921, 254 p.

Работа содержит большое количество документального материала, но мало обобщений.

IV-4. S i l b e r m a n n A., *Sociologie de la Musique*, P.U.F., 1951, 284 p.

Очень хорошая работа по вопросу о социологии музыки, передаваемой по радио.

IV-5. S c h a e f f e r P., M o l e s A., *A la recherche d'une musique concrète*, Ed. du Seuil, Paris, 1952.

Исследование по вопросу о характеристиках звукового объекта.

IV-6. B o g d a l i, «Inventaire des techniques rédactionnelles», *Rev Polyphonie*, № 9—10 (1955).

IV-7. B r e l e t G., *Le temps musical*, P. U. F., 2 vol., 837 p.

IV-8. W o o d A., *Music and Acoustics*, Methuen, London, 255 p.

IV-9. J e a n s J., Science and Music, Cambridge Univ Press, 1937, 200 p.

IV-10. S c h e r c h e n H., Vom Wesen der Musik, Mondial Verlag, Winthertur, 216 p.

IV-11. W i n c k e l F., «Über die Schankwungsprozesse in der Musik», Congrès de Sociologie de la Musique à la Radio, Paris, oct. 1954, *Cahiers d'Etudes Radiophoniques*, № 3 (1955).

IV-12. H i n d e m i t h P., Unterweisung in Tonsatz, Schott, Mainz, 1940.

*Основные положения этой работы изложены в статье: Х о л о п о в Ю., «О теории Хиндемита», *Советская музыка*, № 10, 40—50 (1963).

IV-13. C o p l a n d A., What to listen for in Music, Mc-Graw Hill, New York, 1939, 282 p.

IV-14. V a n E s b r o e c k, M o n t f o r t F., Qu'est-ce que jouer juste? Lumière, Bruxelles, 1946, 128 p.

К вопросу о гаммах и мелодичности.

IV-15. S e a s h o r e C., Psychology of Music, Mc-Graw Hill, New York, 1938, 408 p.

IV-16. L a l o C h., Éléments d'une esthétique musicale scientifique, 2éd., Vrin, Paris, 1939.

IV-17. M o l e s A., Structure physique du signal musical, диссертация, Paris, 1952, *Bibl Sorbonne, Y. Phys.* 1952 (12).

IV-18. S a c h s C., The history of musical instruments, Norton, New York, 1940, 505 p.

Фундаментальное исследование по вопросу о происхождении и развитии музыкальных инструментов.

IV-19. V o n H o r n b o s t e l, «Musikalische Tonsysteme», *Handbuch der Physik*, 1927, Kap. 9.

Очень полное исследование многообразия гамм, используемых в «экзотической» музыке.

IV-20. H u b e r K., Der Ausdruck musikalischer Elementarmotive. Eine experimentale psychologische Untersuchung, Leipzig, 1932.

IV-21. P r a t t C. C., The meaning of Music, Mc-Graw Hill, 1932.

IV-22. W i n c k e l F., Le monde sonore sous la Loupe, Dunod, Paris, 1958, 150 p.

IV-23. Qu'est-ce que le Klavarskribo? Slikkerveer, Hollande, 70 p.

IV-24. F o l g m a n E., *J. Exp. Psychol.*, 16, 709—724 (1935).

IV-25. S c h e r c h e n H., Handbook of Conducting, Oxford, 1946, 243 p.

IV-26. V o n B r a u n m u h l, M e y e r - E p p l e r, F u r r e r e t a l., *Gravesaner Woche für Musik, Raumgestaltung u. Elektroakustik, Ars viva Verlag (H. Scherchen)*, Mainz, 1955.

IV-27. S p r i n g e r A. M., «Ein akustischer Zeitregler», *Gravesaner Bl.*, № 1, 32—37, Juli (1955).

- IV-28. Moles A., «Die Grundlagen des Musikgenusses», *Semaine d'Études de Musique légère, Gravesaner Bl.*, № 3, Okt. (1955)
- IV-29. Dudley H., «The automatic synthesis of speech», *Proc. Nat. Acad. Sci.*, 25, 377—383, July (1939).
- IV-30. Dudley H., «Remaking speech. The Vocoder». *J. Acoust. Soc.*, 11, 169—177, Oct. (1939).
- IV-31. Young R., «The Inharmonicity of Piano Strings», *J. Acoust. Soc. Amer.*
- IV-32. Seashore C., *Psychology of Music*, Mc-Graw Hill, 1939, 312 p.
- IV-33. Olson H., Belar H., *Electronic Music Synthetizer*, *J. Acoust. Soc. Amer.*, 27, № 3, 595—612, May (1955).
- IV-34. Meyer-Eppler W., «Sichtbargemachte Musik», *Gravesaner Bl.*, № 1, 27—31, Juli (1955).
- IV-35. Moles A., «Essai de classification des méthodes de préparation du signal musical», *Ann. des Télécommun.*, 9, № 7/8, 204—207 (1954).
- IV-36. Moles A., «The characterization of sound objects by use of level recorder in musical acoustics», *Proc. 1 I. C. A. Congr.*, Delft, 1953, pp. 241—244.
- IV-37. Bierl R., «Ueber die Beziehungen zwischen elektrischer und mechanischer Klangerzeugung», *Z. f. angew. Physik*, 50, № 6, 231—237 (1953).
- IV-38. Moles A., «Machines à Musique: du Phonogène au Vocoder», *Comptes Rendus de la Décade de Musique expérimentale*, Paris, 1952, *Revue Musicale*, 1957.
- IV-39. Winckel F., Meyer-Eppler W., Павлин J., et al., *Klangstruktur der Musik*, Funk-Technik Verlag, Berlin, 1955, 224 S.
- IV-40. Silbermann A., *Wovon lebt die Musik*, Die Prinzipien der Musiksoziologie, Bosse, Regensburg, 1958, 243 S.
- IV-41. Moles A., Ussachevsky V., «Emploi du spectrographe acoustique et problème de la partition en musique expérimentale», *Ann. des Télécommun.*, № 9, 299—304 (1957).
- *IV-42. Нейгауз Г. Г., *Об искусстве фортепианной игры*, 2 изд., М., 1961.
- *IV-43. Стравинский И., *Хроника моей жизни*, Л., 1963.
- *IV-44. Лосев А. Ф., *Музыка как предмет логики*, М., 1927.
- *IV-45. *Античная музыкальная эстетика*, Вступит. очерк и собрание текстов проф. А. Ф. Лосева, М., 1960—1961.
- *IV-46. Springer G. P., «Language and Music: parallels and divergencies», сб. «For Roman Jakobson», Gravenhague, 1956.
Сходства и различия в структурном и теоретико-информационном подходе к музыке и языку.
- *IV-47. Реформатский А. А., «Речь и музыка в пении», *Вопросы культуры речи*, вып. 1, М., 1955.
Видоизменение речи при взаимодействии с музыкой в «сложном сообщении».

*IV-48. Sebeok T. A., «Folksong viewed as a code and message», *Anthropos*, 54, 141—153 (1959).

Описание народной песни в терминах теории информации.

*IV-49. Sebeok T. A., «Sound and meaning in a cheremis folksong text», сб. «For Roman Jakobson», Gravenhague, 1956.

*IV-50. Vodusek V., «The correlation between metrical verse structure, rhythmical and melodic structure in folk songs», *J. Intern. Folk Music Council*, 12, 67—68 (1960).

Соотношение между метрической структурой стиха и музыкой в народной песне.

*IV-51. Nettl B., «Some linguistic approaches to musical analysis», *J. Intern. Folk Music Council*, 10, 37—41 (1958).

Лингвистический анализ музыки и песни.

*IV-52. Nettl B., «Relaciones entre la langue y la musica en el folklore», *Folklore Americas*, 16, 1—11 (1956).

*IV-53. Winkelmann D. M., «Musicological techniques of ballad analysis», *Midwest Folklore*, 10, 197—205 (1960).

*IV-54. Friedman S. M., «One aspect of the structure of music: a study of regressive transformation of musical themes», *J. Amer. Psychoanalyt. Assoc.*, 8, 427—449 (1960).

*IV-55. Poladian W., «The problem of Melodic Variation in Folk Song», *J. Amer. Folklore*, 15, 204—211 (1942).

Музыкаведческий анализ народной песни.

*IV-56. Roberts H. H., *Form in primitive Music*, New York, 1933.

*IV-57. Roberts H. H., «The pattern phenomenon in primitive Music», *Z. f. vergl. Musikwiss.*, 1, 49—52 (1933).

*IV-58. Herzog G., «General characteristics of primitive Music», *Bull. Amer. Musicolog. Soc.*, 7, 25.

Принципы «экзотической» музыки.

*IV-59. Herzog G., «Rhythmic cadence in primitive Music», *Bull. Amer. Musicolog. Soc.*, 3, 19.

*IV-60. Tran Van Khe, *La musique vietnamienne traditionnelle*, Paris, 1958.

Связь между мелодией песни и тональным размером в традиционной вьетнамской песне.

*IV-61. Mary Kay, «Musik of the Siriono (Guaranian)», *Ethnomusicology*, 7, № 1, 17—21 (1963).

Описание музыки и песни индейского племени в Боливии.

*IV-62. Sapir E., «Representative Music», Selected works of Edward Sapir on Language, Culture and Personality, Univ. Calif. Press, 1951.

*IV-63. Sapir E., «The musical foundation of verse», *J. English and Germanic philology*, 20, 214—217.

Музыка и стих.

*IV-64. Weidenfeller E. W., Zimny G. H., «Effects of Music upon GSR of Depressives and Schizophrenics», *J. Abnormal and Social Psychol.*, 64, № 4, 307—312 (1962).

Объективное физиологическое исследование особенностей восприятия двух типов музыки.

- *IV-65. Г а р б у з о в Н. А., Зонная природа звуковысотного слуха, М.-Л., 1948.
- *IV-66. Г а р б у з о в Н. А., Внутризонный интонационный слух и методы его развития, М.-Л., 1951.
- *IV-67. Г а р б у з о в Н. А., Зонная природа темпа и ритма, М.-Л., 1950.
- *IV-68. Г а р б у з о в Н. А., Зонная природа тембрового слуха, М., 1956.
- *IV-69. Музыкальная акустика, ред. Н. А. Гарбузов, Музгиз, 1954.
- *IV-70. Р а г с Ю., «Интонирование мелодии в связи с некоторыми ее элементами», Труды кафедры теории музыки Моск. консерватории, Музгиз, 1960, стр. 338—355.
- *IV-71. С а х а л т у е в а О., «О некоторых закономерностях интонирования в связи с формой, динамикой и ладом», Труды кафедры теории музыки Моск. консерватории, Музгиз, 1960, стр. 356—378.
- *IV-72. С о х о р А., Музыка как вид искусства, Музгиз, 1961. Популярная теоретико-эстетическая работа.
- *IV-73. Д а в ы д о в К. Ю., «Некоторые явления, происходящие от строя виолончели чистыми квинтами», *Музыкальный листок*, СПб, № 8, 10, 11 (1873—1874).
Приводится также в качестве приложения в книге: С. Л. Г и н з б у р г , К. Ю. Д а в ы д о в , Музгиз, 1936.
- *IV-74. Р о г а л ь - Л е в и ц к и й Д., Современный оркестр, Музгиз, тт. I—IV, 1953—1956.
Характеристика музыкальных инструментов, многочисленные нотные примеры
- *IV-75. А р т е м о в В. А., «О речевых интонациях», *Уч. зап. 1-го Моск. пед. ин-та ин. яз.*, 6 (1953).
- *IV-76. Ш л о в Г. Е., Простая гамма (устройство музыкальной шкалы), Физматгиз, 1963.
Популярное математическое описание.
- *IV-77. А н ф и л о в Г., Физика и музыка, Детгиз, 1962, 2-е изд., 1964.
Сборник рассказов об истории темперированного строя и музыкальных инструментов — классических и электронных, о машинном сочинении музыки и звукозаписи.
- *IV-78. Б о г а н о в а Т. В., О мелодии, изд-во «Сов. композитор», 1960.
Популярная брошюра.
- *IV-79. Ф р и д Р., Выразительные средства музыки, Музгиз, 1960.
Популярная брошюра о самых главных средствах музыки.
- *IV-80. М а з е л ь Л. А., О мелодии, Музгиз, 1952.
- *IV-81. М а з е л ь Л. А., Строение музыкальных произведений, Музгиз, 1960.

*IV-82. М а з е л ь Л. А., «О двух важных принципах художественного воздействия», *Сов. музыка*, № 3, 47—54 (1964).

Структурный анализ разных уровней музыкального произведения.

*IV-83. С к р е б к о в С. С., Анализ музыкальных произведений, Музгиз, 1958.

*IV-84. К у л а к о в с к и й Л. В., Песня, ее язык, структура, судьбы, изд-во «Сов. композитор», 1962.

*IV-85. Ж о л к о в с к и й А. К., «О моделировании языкового поведения слушателя музыки», Симпозиум по структурному изучению знаковых систем (тезисы), Изд-во АН СССР, 1962, стр. 135—137.

*IV-86. З а р и п о в Р. Х., Об алгоритмическом описании процесса сочинения музыки, *Докл. АН СССР*, 132, № 6, 1283—1286 (1960).

*IV-87. З а р и п о в Р. Х., «О программировании процесса сочинения музыки», сб «Проблемы кибернетики», вып. 7, Физматгиз, 1962, стр. 151—160.

О моделировании на машине «Урал» одnogолосных музыкальных пьес.

*IV-88. З а р и п о в Р. Х., Кибернетика и музыка, изд-во «Знание», 1963.

О работах по изучению методами и средствами кибернетики музыкального творчества, более подробно — о сочинении музыки немusикальными средствами, в частности на электронных вычислительных машинах.

*IV-89. Б у х а р а е в Р. Г., Р ы т в и н с к а я М. С., О моделировании вероятностного процесса, связанного с сочинением песенной мелодии, *Уч. зап. Казанск. ун-та*, 122, № 4, 82—97 (1962).

*IV-90. Р ы т в и н с к а я М. С., Ш а р о н о в В. И., Гармонизация восьмитактных песенных мелодий на ЭВМ, *Уч. зап. Казанск. ун-та*, 123, № 6, 103—111 (1963).

*IV-91. P r i e b e r g F., «Musica ex machine», *Über das Verhältnis von Musik und Technik*, Berlin, 1960.

Книга немецкого музыкального критика о технических методах исследования музыкальных процессов, средствах звукозаписи, истории электронных музыкальных инструментов; в главе «Singerde Roboten» рассмотрен, в частности, вопрос о сочинении музыки с помощью электронных вычислительных машин.

*IV-92. W i n c k e l F., «Die Lautsynthese in der elektronischen Musik», *Phys. Bl.*, 18, № 4, 153—162 (1962).

Рассмотрение различных вопросов синтеза звука с помощью электронных устройств.

*IV-93. P i n k e r t o n R. C., «Information theory and melody», *Sci. American*, 194, № 2, 77—86 (1956).

Попытка анализа простых мелодий детских песенок с точки зрения теории информации.

*IV-94. «Sincopation by automation», Data from electrodata, Burroughs Corp., Pasadena, Calif., Aug. 1956.

В статье описаны опыты Клейна (M. Klein) и Болито (D. Bolitho) по синтезированию на машине Datatron мелодий под названием «Push-Button Bertha» («Кнопка Берта»).

*IV-95. В р о о с с F. P., Н о р к и н с A. L., Н е у м а н н P. G., W r i g h t W. V., An experiment in musical composition, *IRE Trans.*, ЕС-6, № 3, 175—182 (1957); русский перевод см Брукс Ф. П., Гопкинс А. Л., Нейман П. Г., Райт У. В., Опыт по машинному синтезированию мелодий. Госкомитет по радиоэлектронике (ВИНИТИ, перевод № 1980, 1962).

Анализ и синтез мелодий, построение последовательности высот нот, образующих цепь Маркова порядка $n=0, 1, 2, \dots, 7$.

*IV-96. N e u m a n n P. G., S c h a p p e r t H., «Komponieren mit elektronischen Rechenautomaten», *Nachrichtentech. Z.*, 12, № 8, 403—407 (1959).

*IV-97. O l s o n H. F., B e l a r H., «Aid to music composition employing a random probability system», *J. Acoust. Soc. Amer.*, 33, № 9, 1163—1170 (1961).

Построение последовательности длительностей и высот нот, образующих цепь Маркова порядка 2.

*IV-98. M u r r a y B. J., «Comment on „Aid to music composition employing a random probability system“», *J. Acoust. Soc. Amer.*, 34, № 1, 128—129 (1962).

Критические замечания к предыдущей статье.

*IV-99. H i l l e r L. A., I s a a c s o n L. M., *Experimental Musik*, Mc-Graw Hill, New York, 1959.

Опыты по синтезированию на электронной вычислительной машине «Сюиты ИЛЛИАК для струнного квартета» в четырех частях; предыстория вопроса, большая библиография.

*IV-100. H i l l e r L. A., «Computer Musik», *Sci. American*, 201, № 6, 109—120 (1959).

*IV-101. H i l l e r L. A., I s a a c s o n L. M., «Illiac Suite for String Quartet», *New Music Edition*, 30, № 3 (1957).

Партитура «Сюиты ИЛЛИАК».

*IV-102. R e i t m a n W. R., Programming Intelligent Problem Solvers, *IRE Trans. НРЕ-2*, № 1, March, 26—33 (1961); русский перевод: Рейтман, «Разработка программ для решения интеллектуальных проблем», *Зарубежная радиоэлектроника*, № 1, 47—60 (1962).

*IV-103. M o l e s A., «Informationstheorie der Musik», *Nachrichtentech. Fachber.*, 3, 1956, 47—55 (1959).

*IV-104. M o l e s A., «Das Neue Verhältnis zwischen Musik und Mathematik», *Gravesaner Bl*, 6, № 23—24, 98—108 (1962).

О влиянии математики и электронной вычислительной техники на изменение отношения художника к своему произведению

*IV-105. «Les principes de composition de la musique algorithmique par des ensembles à traiter l'information», *Electro calcul*, 4, № 2, 19—26 (1962).

Описание опытов П. Барбода и Р. Бланшарда по сочинению многоголосной тональной музыки на электронных вычислительных машинах.

*IV-106. C o h e n J o e l E., «Information theory and Music», *Behavioral Sci.*, 7, № 2, 137—163 (1962).

*IV-107. K a s s l e r M., The Decision of Arnold Schoenberg's Twelve-Note-class System and Related Systems, Princeton, N. J., Micael Kassler, 1961.

Опыт алгоритмизации распознавания шёнберговских, или додекафонных, систем.

*IV-108. F u c k s W. «Mathematical analysis of formal structure of music», *IRE Trans. on Inform. Theory*, 8, № 5, 225—228 (1962).

Выявление музыкальных параметров, характеризующих развитие некоторых формальных качеств структуры западной музыки на протяжении последних пяти веков.

*IV-109. F u c k s W., «Mathematische Musikanalyse und Randomfolgen. Musik und Zufall», *Gravesaner Bl.*, 6, № 23—24, 132—155 (1962).

*IV-110. F u c k s W., «Über mathematische Musikanalyse», *Nachrichtentechn. Z.*, 17, № 1, 41—47 (1964).

*IV-111. C o m e t S t i g, «Sur l'utilisation de la machine mathématique BESK pour la production de sons complexes», Congr. internat. automat., Paris, Bruxelles, 1959, p. 368—384.

*IV-112. H u g g i n s P h., «Three-part Music with a computer as one part», *Comput. a. Automat.*, 7, № 3, 8 (1958).

*IV-113. M a c d o n a l d N., «Music by automatic computers», *Comput. a. Automat.*, 7, № 3, 8—9 (1958).

*IV-114. M a t h e w s M. V., G u t t m a n N., «Generation of Music by a Digital Computer», Proc. 3th Intern. Congr. Acoust., Stuttgart, vol. 1, Amsterdam—London—New York—Princeton, 1959, p. 253—254.

*IV-115. M a t h e w s M. V., «An Acoustic compiler for Music and psychological stimuli», *Bell System Techn. J.*, 40, № 3, 677—694 (1961).

*IV-116. M a t h e w s M. V., P i e r c e J. R., G u t t m a n N., «Musikalische Klänge von Digitalrechtern», *Gravesaner Bl.*, 6, № 23—24, 109—125 (1962).

*IV-117. G u t t m a n N., «Über die Computer-Musik-Beispiele», *Gravesaner Bl.*, 6, № 23—24, 126—131 (1962).

*IV-118. P i e r c e J. R., M a t h e w s M. V., L e w i n D., T e n n y S p e e t h, G u t t m a n N., Music from mathematics, played by IBM 7090 computer and digital to sound transducer, Decca Records, New York, 1962.

*IV-119. B a b b i t M., «Twelve-tone invariants as compositional determinants», *Musical Quart.*, 46, № 2, 246 (1960).

Исследуются вопросы аналогии двенадцатитоновых, или додекафонных, систем и теории конечных групп.

*IV-120. B a b b i t M., «Set structure as a compositional determinant», *J. Music Theory*, 5, № 1, 72 (1961).

*IV-121. H a v a s s M., «A simulation of musical composition synthetically composed folkmusik», *Computational Linguistics*, vol. III, Budapest, 1964, p. 107—127.

О моделировании народных пентатонных мелодий.

*IV-122. Ferentzy E. N., Havass M., «Human movement analysis on computer. Electronic choreography (dance) and music composition», там же, стр. 129—188.

*IV-123. Adorno Th. W., «Ideen zur Musiksoziologie», Klangfiguren (Musikalische Schriften, I), Berlin u. Frankfurt, 1959.

*IV-124. Adorno Th. W., Einleitung in die Musiksoziologie, Frankfurt, 1962.

*IV-125. Солертинский И. И., Исторические этюды, Л., 1963.

*IV-126. Зарипов Р. X., «Моделирование мелодий заданного стиля на цифровых вычислительных машинах», сб. «Проблемы кибернетики», вып. 15, изд-во «Наука», 1965, стр. 157—200.

*IV-127. Simmons D. C., «Tonality in Efik signal communication and folklore», Men and cultures, Philadelphia, 1960, pp. 803—808.

Рассматриваются способы общения, основанные только на мелодических различиях (так называемый «тоновый язык»), связанных с интонационным рисунком пословиц.

*IV-128. Kessler M., «A sketch of the use of formalized languages for the assertion of music», *Perspectives of New Music*, 1, № 2, 83—94 (1963).

*IV-129. Kessler M., A report of work, directed toward explication of Schenker's theory of tonality, done in summer 1962 as the first phase of a project concerned with the applications of high-speed automatic digital computers to music and to musicology, Princeton Univ., 1964.

*IV-130. Kessler M., An essay toward specification of a music-reading machine, Princeton Univ., 1963.

*IV-131. Kessler M., MIR — a simple programming language for musical information retrieval, Princeton Univ., 1964

*IV-132. Jones A. M., Howe H. S., IML — an intermediary musical language, Princeton Univ., 1964.

*IV-133. Regener E., A linear music transcription for computer input, Princeton Univ., 1964.

*IV-134. Husmann H., Grundlagen der antiken und orientalischen Musikkultur, Berlin, 1961.

Детальное исследование древнегреческой, арабской и персидской, индийской, индонезийской и африканских музыкальных культурных традиций в их сопоставлении с европейской классической музыкой.

*IV-135. Deliege Ch., «La musicologie devant le structuralisme», *L'arc*, 26, 45—54 (1965).

Обзор структурных работ по музыковедению.

*IV-136. Детловс В. К., «Математический синтез музыки», *Наука и техника*, Рига, № 9 (62), 8—12 (1965).

*IV-137. Merriam F., The Anthropology of music, Evanston, Illinois, 1964.

Обзор проблем, возникающих при антропологическом изучении музыки.

*IV-138. Nettl B., Theory and method in Ethnomusicology, New York, 1964.

Принципы сравнительного музыковедения.

*IV-139. Harrison F. L., Hood M., Palisca C. V., *Musicology* (The Princeton studies, Humanistic scholarship in America), Prentice-Hall, 1963.

Обзор состояния работ по музыковедению в США. Обращается особое внимание на сравнение европейской музыки с музыкой народов, обитающих за пределами Европы.

*IV-140. Saheena S. K., «Essentials of Hindustani music», *Diogenes*, № 45, 1—23 (1964).

Основы индийской традиционной теории музыки.

*IV-141. Saint-Guirons G., «Quelques aspects de la musique d'un point de vue linguistique», *Études linguistique appliquée*, № 3, 12—36 (1965).

Исследование музыки с точки зрения методов структурной лингвистики.

*IV-142. Интонация и музыкальный образ, сборник статей, Музгиз, 1965.

Сборник включает ряд работ советских и зарубежных музыковедов.

V. ЭСТЕТИКА

V-1. Berger G., *Cours d'esthétique*, 1948—1949; 1949—1950; 1950—1951 (Le théâtre); 1951—1952; 1952—1953 (Caractérologie de la peinture moderne).

Циклы лекций по эстетике.

V-2. Souriau E., *Cours d'esthétique générale*, 1950—1951; 1951—1952 (L'art et l'Etat); 1952—1953.

Циклы лекций по общей эстетике.

V-3. Javal E., *Physiologie de la lecture et de l'écriture*, Alcan, Paris, 1905; Sorbonne S. D. E. 103, 296 p.

Эта работа остается актуальной до настоящего времени ¹⁾.

V-4. Sartoris A., *Encyclopédie de l'architecture nouvelle*, Haegli, Milano, 1948, 350 p.

V-5. Ciarni, *The core of the City*, Zürich, 1950.

V-6. Valéry P., *Pièces sur l'art*, n r f, 1934, 39e éd., 254 p.; *Eupalinos, ou l'architecte*, n r f, 1934, 250 p.

V-7. *Architecture et dramaturgie* (сборник), Bibliothèque d'Esthétique, Flammarion, 288 p.

В особенности рекомендуется ознакомиться со статьями E. Souriau и P. Vaucher.

V-8. Moles A., «Le théâtre antique, exemple d'esthétique fonctionnelle», *Études Philosophiques*, № 1, 1951, pp. 77—91.

V-9. Burris-Meyer A., Cole E., *Scenery for the Theatre*, Little Brown Co, Boston, 1951, 472 p.

V-10. Diderot D., *Paradoxe du Comédien, Oeuvres complètes*, n r f; русский перевод: Дидро Д., Парадокс об актере, Л.-М., 1938.

V-11. Souriau E., *Les 200 000 situations dramatiques*, Bibliothèque d'Esthétique, Flammarion.

¹⁾ По своему содержанию работа относится скорее к разд. VII.—
Прим. ред.

- V-12. Stanislawski K. S., *An actor prepares*, New York, 1948; английский перевод книги К. С. Станиславского «Работа актера над собой».
- V-13. Moreno J. L., *Theatre of Spontaneity*, Beacon House, New York, 180 p.
- V-14. Ghysa M. C., *Essai sur le Rythme*, 3e éd., n r f, Paris, 1938, 182 p.
- V-15. Servien P., *Lyrisme et structures sonores*, Boivin, Paris.
- V-16. Delacroix E., *Journal*, vol. 3, Plon, 1932; Sorbonne, Sap 200; русский перевод: Делакруа Э., *Дневник*, М., 1961.
- V-17. Edman I., *Arts and the Man*, Mentor Books Co.
- V-18. Montel P., «L'Art et les Mathématiques», *Bull. Assoc. pour Avanc. des Sci.*, 62—80 (1949).
- V-19. Léonard de Vinci, *Carnets édités par Mc Curdy*, n r f, vol. 2, 1942; русский перевод (с итальянского оригинала): Леонардо да Винчи, *Избранные произведения*, М., 1933; «Книга о живописи Леонардо да Винчи», М., 1934.
- V-20. Haskell A., *Ballet*, Pelican éd., A 122, Harmondsworth, 1955, 210 p.
- V-21. Hegel, *Esthétique, Morceaux choisis*, P. U. F., 1954, 226 p.; русский перевод (с немецкого оригинала): Гегель, *Сочинения*, т. XII, *Лекции по эстетике*, М., 1938.
- V-22. Benze M., *Estetica*, Ed. Nueva Vision, Buenos Aires, 1957, 152 p.
- *V-23. *История эстетики. Памятники мировой эстетической мысли*, т. 1. Античность, Средние века, Возрождение, М., 1962.
- *V-24. *Античные мыслители об искусстве*, М., 1938.
- *V-25. Лосев А. Ф., *История античной эстетики*, М., 1963.
- *V-26. Потеня А. А., *Из записок по теории словесности*, Харьков, 1905.
Теория поэтического образа.
- *V-27. Веселовский А. Н. *Историческая поэтика*, Л., 1940.
Классическое исследование; излагается теория первобытного синкретизма.
- *V-28. Флоренский П. А., «Храмовое действо как синтез искусств», *Маковец. Журнал искусств*, № 1, 28—32 (1921).
Проблема синтетического сложного искусства.
- *V-29. Эйзенштейн С. М., *За кадром*, в кн.: Н. Кауфман, *Японское кино, Театропечать*, 1929, а также в *V-40, т. 2. *Структурный очерк разных сторон японской культуры, письменности, поэзии, изобразительного искусства, театра в связи с проблемами эстетики кино.*
- *V-30. Эйзенштейн С. М., «Перспективы», *Искусство*, № 1—2 (1929), а также в *V-40, т. 2.
Проблемы интеллектуального кино.

*V-31. Эйзенштейн С. М., «О строении вещей», *Искусство кино*, № 6, 7—20 (1939), а также в *V-40, т. 3.

Детальный структурный анализ произведения; в приложении рассматриваются вопросы геометрической структуры картины в связи с принципом золотого сечения и возможностями математического изучения искусства.

*V-32. Эйзенштейн С. М., «Гордость», *Искусство кино*, № 1—2, 17—25 (1940).

Проблемы эстетики кино: ставится вопрос об использовании голоса диктора в духе позднейшего итальянского неореализма.

*V-33. Эйзенштейн С. М., «Еще раз о строении вещей», *Искусство кино*, № 6, 27—32 (1940), а также в *V-40, т. 3.

*V-34. Эйзенштейн С. М., «Вертикальный монтаж», *Искусство кино*, № 9, 16—25 (1940); № 12, 27—35 (1940), а также в *V-40, т. 2.

Теория монтажа, вопросы соотношения музыки и цвета.

*V-35. Эйзенштейн С. М., «Воплощение мифа», *Театр*, № 10, 13—38 (1940).

К постановке оперы Вагнера «Валькирия» — в связи с проблематикой синтетического искусства.

*V-36. Эйзенштейн С. М., «Вертикальный монтаж», *Искусство кино*, № 1, 29—38 (1941), а также в *V-40, т. 2.

Детальный анализ соотношения музыки и зрительного сообщения в фильме Эйзенштейна «Александр Невский»; основополагающая работа для эстетики сложных искусств.

*V-37. Эйзенштейн С. М., «Диккенс, Гриффит и мы», в сб. «Гриффит» М., 1944, стр. 39—88.

Проблемы теории киноязыка с точки зрения лингвистики; анализ стиля Джойса и Диккенса.

*V-38. Эйзенштейн С. М., «Пушкин и кино», «Примеры изучения монтажного письма», «Пушкин-монтажер», *Искусство кино*, № 4, 75—96 (1955), а также в *V-40, т. 2.

Анализ стиха Пушкина с точки зрения теории монтажа.

*V-39. Эйзенштейн С. М., Избранные статьи, М., 1956.

В сборник включены статьи по эстетике цветового кино и теории композиции.

*V-40. Эйзенштейн С. М., Избранные произведения в шести томах, тт. 1—3, Москва, 1964.

Работы, имеющие первостепенное значение для эстетики кино и для других смежных искусств.

*V-41. Аристотель, Об искусстве поэзии, М., 1957.

*V-42. Томашевский Б. В., Теория литературы Поэтика, М.-Л., 1930.

Принципы формального исследования.

*V-43. Шкловский В. Б., О теории прозы, М., 1929.

Исследование искусства как приема.

V-44. Эйхенбаум Б. М., Литература, Л., 1927.

Проблемы композиции.

*V-45. Тынянов Ю. Н., «О литературном факте», *ЛЕФ*, № 2/6 (1924).

- *V-46. П р о п п В Я., Морфология сказки, Л., 1928.
Классическое исследование, в котором дана структурная формула, описывающая схему волшебной сказки.
- *V-47. П р о п п В. Я., «Трансформация волшебной сказки», Поэтика. Временник отдела словесных искусств Гос. ин-та истории искусств, IV, Л., 1928.
- *V-48. И в а н о в В. В., Т о п о р о в В. Н., «К реконструкции праславянского текста», Славянское языковедение, Доклады советской делегации, V Международный съезд славистов, М., 1963.
Применение схемы, предложенной в работе [*V-46].
- *V-49. L é v i - S t r a u s s C., «Analyse morphologique des contes russe», *Intern. J. of Slavic linguistics and poetics*, 3 (1960).
Детальный анализ работы [*V-46], данный крупнейшим представителем структурной антропологии.
- *V-50. L é v i - S t r a u s s C., *Anthropologie structurale*, Paris, 1958.
Проблемы анализа мифа, первобытного искусства и языка с точки зрения структурной антропологии.
- *V-51. L é v i - S t r a u s s C., «La geste d'Asdiwal», *Ecole pratique des Hautes Etudes, annuaire 1958—1959*, pp. 3-43.
- *V-52. L é v i - S t r a u s s C., «La structure et la forme», *Cahiers de l'Inst. de sci. écon appl.*, Recherches et dialogues philosophiques et économiques, № 29, Mars (1960), série M, № 7, pp. 7—36.
- *V-53. «Problèmes d'une sociologie du roman», Ed. de l'Inst. de sociol., Bruxelles, 1963.
- *V-54. «A Prague School Reader on esthetics, literary structure and style», Garvin, Washington, 1959.
- *V-55. В о г а т ы р е в Р., J a k o b s o n R., «Die Folklore als besondere Form des Schaffens», в кн. «Donum natalicium Schrijnen», Nijmegen-Utrecht, 1929, p. 900—913.
Структурный анализ фольклора.
- *V-56. A r m s t r o n g R. P., «Content analysis in folkloristics», в кн. «Trends in content analysis», Urbana, 1959, p. 151—170.
- *V-57. A e r o l A., «Why structure in fiction: a note to social scientists», *Amer. Quart.*, X, 325—337 (1958).
- *V-58. S e b e o k T. A., «Toward a statistical contingency method in Folklore Research», *Studies in Folklore*, ed. W. E. Richmond, Bloomington, 1957.
Статистические методы исследования фольклорных произведений.
- *V-59. W e l l e k R., «Concepts of Form and Structure in Twentieth Century Criticism», *Neophilologus*, 47, 2—11 (1958).
Общий обзор проблем исследования структур и функций в современном литературоведении.
- *V-60. Современная книга по эстетике. Антология, М., 1957.
- *V-61. D o r f l e s J., «Communication and Symbol in the Work of Art», *J. of aesth. a. art criticism*, 1957.
Описание произведения искусства как канала связи.

*V-62. Bense M., «Extrakt einer statistischen Ästhetik», *Kunstwerk*, № 7 (1958)

Принципы статистического подхода к искусству.

*V-63. P o r e b s k i M., «Teoria informacj i badania nad sztuką», *Estetyka* (Warszawa), № 3, 23—43 (1962).

Приложение теории информации к исследованию искусства.

*V-64. Симпозиум по структурному изучению знаковых систем, Тезисы, Изд-во АН СССР, 1962.

Ряд тезисов посвящен структурному изучению искусства.

*V-65. S t r a d a V., «Formalismo e neoformalismo», *Questo e altro*, № 6—7, 51—56 (1964).

Обзор работ советских ученых по формальному анализу литературы; в приложении дан итальянский перевод некоторых тезисов из работы [*V-64].

*V-66. А л п а т о в М. В., Этюды по истории западноевропейского искусства, М., 1963.

В разделе «Примечания» даны формальные разборы геометрических структур произведений искусства, ср выше [*V-31]

*V-67. B i r k h o f f G. D., «Mathematics of Aesthetics», *The World of Mathematics*, vol 4, Simon, New York, 1956, pp. 2185—2195.

*V-68. B i r k h o f f G. D., «A mathematical approach to Aesthetics», *The World of Mathematics*, vol. 4., New York, 1956, pp. 2198—2208.

*V-69. S c h i l l i n g e r J., *The Schillinger system of musical composition*, Vol. 1—2, Fischer, New York, 1946, Vol. I, pp 1—878; Vol. II, pp. 879—1640.

*V-70. S c h i l l i n g e r J., *The mathematical basis of the arts*, New York, Philosophical library, 1948, p. 696.

В последних четырех работах предпринята попытка найти формальные характеристики эстетической структуры (например, функцию «эстетической меры» по [*V-69]).

*V-71. F r a n k H., *Grundlagenprobleme der Informations-ästhetik und erste Anwendung auf mime pure*, Stuttgart, 1959.

*V-72. G u n z e n h ä u s e r R., *Ästhetisches Maß und ästhetische Information*, Hamburg, 1962.

*V-73. B e n s e M., «Ästhetische Information», *Ästhetica*, II, Krefeld u. Baden-Baden, 1956.

*V-74. Б р е х т Б., *О театре*, Москва, 1960.

*V-75. Г р и б В. Г., *Избранные работы*, Москва, 1956.

*V-76. C a s s i n e r E., *Philosophie der Symbolischen Formen*, Bd I—III, Berlin, 1923—1929.

Последний том важен для семиотического подхода к искусству, первый — для сходного анализа языка.

*V-77. Ш п е т Г., *Внутренняя форма слова (этюды и вариации на темы Гумбольдта)*, Москва, 1927.

*V-78. Т ы н я н о в Ю. Н., Я к о б с о н Р. О., «Проблемы изучения литературы и языка», *Новый Лезф*, № 11, 36—37 (1928)

*V-79. J a k o b s o n R., «Randbemerkungen zur Prosa des Dichters Pasternaks», *Slavische Rundschau*, 7 (1935).

*V-80. Erlich V., Russian formalism. History-doctrine, Gravenhage, 1954.

*V-81. Mukařovský I., «Strukturalismus u esteticе a ve vede o literature», Kapitoly z české poetiky, díl I, Praha, 2 vyd., 1948.

*V-82. Wellek R., Warren A., Theory of Literature, 4 ed., New York, 1956.

Специально рассматривается вопрос о роли исследования психологических структур в литературоведении.

*V-83. Берли М., Общее литературоведение, Москва, 1957. Общий обзор современных направлений с большой библиографией.

*V-84. Гилберт К., Кун Г., История эстетики, Москва, 1960.

*V-85. Бахтин М. М., Проблемы творчества Достоевского, Л., 1929, 2 дополн. изд., М., 1963.

Классическая работа о полифонической структуре романа.

*V-86. Лотман Ю. М., «Лекции по структурной поэтике», Учен. записки Тартуского гос. унив., вып. 160 («Труды по знаковым системам», вып. 1), Тарту, 1964.

*V-87. Программа и тезисы докладов в летней школе по вторичным моделирующим системам, Тарту, 1964.

Ряд тезисов и статей, помещенных в сборнике, посвящен семиотическому исследованию искусства и литературы.

*V-88. Ингарден Р., Исследования по эстетике, ИЛ, 1962.

*V-89. Kierkegaard S., Either/or, New York, 1959.

Английский перевод классической работы датского философа, где, в частности, рассматривается различие между музыкой и языком в связи с противопоставлением эстетического и этического (русский перевод отрывков готовится в [*V-23, т. 3]).

*V-90. Bejerholm L., «Medellensens dialektik, Studier i Søren Kierkegaard teorier om språk, kommunikation och pseudonymitet», Publ. Kierkegaard Soc., vol. II, Copenhagen, 1962.

*V-91. Топоров В. Н. «К реконструкции некоторых мифологических представлений (на материале буддийского изобразительного искусства)», Народы Азии и Африки, № 3 (1964).

*V-92. Топоров В. Н., «Дхаммапада и буддийская литература», в кн. «Дхаммапада» (Bibliotheca Buddhica, XXXI), М., 1960, стр. 5—55.

Статья представляет исключительный интерес для анализа памятников буддийской литературы на содержательных и формальных уровнях.

*V-93. Волошинов В. Н., Марксизм и философия языка, Ленинград, 1929.

Глубокий анализ внутреннего монолога (несобственно прямой речи) в литературе.

*V-94. Ревзин И. И., «О целях структурного изучения художественного творчества», Вопросы литературы, № 6 (1965).

*V-95. Bense M., «Programmierung des Schönen. Allgemeine Texttheorie und Textästhetik», Aesthetika, IV, Krefeld u. Baden-Baden, 1960.

Постулируется различие между семантической и эстетической информацией, сходное с тем, которое проводится в книге А. Моля.

*V-96. Bense M., *Theorie der Texte. Eine Einführung in neuere Auffassungen und Methoden*, Köln, 1962.

Общий обзор различных направлений, ставящих своей целью исследование литературных текстов точными методами.

*V-97. Lausberg H., *Handbuch der literarischen Rhetorik. Eine Grundlegung der Literaturwissenschaft*, München, 1960.

*V-98. Todorov T., «Procédés mathématiques dans les études littéraires», *Ann. Economie, Sociétés, Civilisations*, № 3, 503—510 (1965).

Критика разграничения семантической и эстетической информации, предлагаемого А. Модем и М. Бензе, и чисто статистических методов исследования литературных текстов.

*V-99. Ducassee C. J., «Art and the language of the emotions», *J. Aesthetics a. Art Criticism*, 23, № 1, 109—112 (1964).

*V-100. Schaper E., «The Art Symbol», *Brit. J. Aesthetics*, 4, № 3, 228—239 (1964).

*V-101. Genette G., «Structuralisme et critique littéraire», *L'Arc*, 26, 30—44 (1965).

Обзор структурных исследований по литературоведению, прежде всего работ русской формальной школы.

*V-102. Rossi A., «Strutturalismo e analisi letteraria», *Paragone. Rivista di arte figurativa e letteratura*, 15, № 180, 24—78 (1964).

Очень подробный обзор структурных работ по литературоведению, начиная с русской формальной школы.

*V-103. Metz C., «Une étape dans la réflexion sur le cinéma», *Critique*, 21, № 214, 227—248 (1965).

Эстетика и психология кино с семиотической точки зрения.

*V-104. Morris C. H., Hamilton D., «Aesthetics, signs and icons», *Philosophy a. phenomenol. res.*, 25, № 3, 356—364 (1965).

Обзор семиотических работ по эстетике.

*V-105. Jakobson R., Cazacu B., «Analyse du poème *Revedere* de Mihail Eminescu», *Cahiers de linguistique théor. et appl.* (Bucarest), № 1, 47—53 (1962).

*V-106. Jakobson R., «„Przesłość“ Cypriana Norwida», *Pamiętnik literacki*, 54, № 2, 449—456 (1963).

*V-107. Бахтин М. М., *Творчество Франсуа Рабле*, Гослитиздат, 1965.

*V-108. Бахтин М. М., «Слово в романе», *Вопросы литературы*, № 8 (1965).

*V-109. Lévi-Strauss C., «Riposte à un questionario sullo structuralismo», *Paragone*, № 182, 125—128 (1965).

Применение структурных методов в литературоведении и художественной критике.

*V-110. Todorov T. «L'héritage méthodologique du formalisme», *L'Homme*, 5, № 1, 64—83 (1965).

Наследие формальной школы русского литературоведения в свете современной науки.

VI ПСИХОФИЗИОЛОГИЯ СЛУХА

VI-1. Wever G., *Theory of Hearing*, Wiley.

Очень хорошее изложение различных теорий слуха и критика их слабых сторон.

VI-2. Stevens, Davis, *Hearing*, Wiley.

В этой фундаментальной работе собрано все, что известно о свойствах и механизме слуха.

VI-3. Moles A., *Physique et technique du Bruit*, vol. 1, Dunod, 1952, 150 p., Sorbonne, L-11466.

VI-4. Moles A., «Sur la coloration minimum des bruits blancs», *Onde Électrique*, Juill. (1953), p. 286.

*VI-5. Чистович Л. А., Войтинский Е. Я., «О методе определения дифференциальной чувствительности в условиях различения ряда сигналов», *Биофизика*, 2, № 2, 142—146 (1957).

Определение величины дифференциального порога с использованием логической модели

*VI-6. Лян Чжи-ань, Чистович Л. А., «Дифференциальные пороги по частоте в зависимости от длительности тональных посылок», *Акуст. журн.*, 5, № 1, 81—86 (1960)

Выявляются различия между малыми, средними и большими длительностями.

*VI-7. Чистович Л. А., Иванова В. А., «Критическое время определения громкости звука», *Физиол. журн. СССР*, 46, № 1, 20—25.

*VI-8. Чистович Л. А., «О значении временных факторов для восприятия сложных звуков», *Акуст. журн.*, 2, № 3, 310—316 (1956).

Различение человеком сложного звукового сигнала при наличии сложной помехи; выявлено ведущее значение временных факторов при различении полезного сигнала от помехи.

*VI-9. Чистович Л. А., «О различении высоты модулированного сигнала», *Биофизика*, 1, № 5, 438—447 (1956)

*VI-10. «Проблемы физиологической акустики», сб., т. I, М.-Л., 1959; т. II, 1950; т. III, 1955; т. IV, 1959

Сборники статей, посвященных физиологии слуха, в том числе исследованию сложных звуков, звуковой речи и т. п.

*VI-11. Чистович Л. А., «Классификация звуков речи при их быстром повторении», *Акуст. журн.*, 6, № 3, 392—398 (1960).
Двухэтапная схема распознавания речи.

*VI-12. Чистович Л. А., Клаас Ю. А., А лекин Р. О., «О значении имитации для распознавания звуковых последовательностей», *Вопросы радиоэлектроники*, сер. XI, Техника проводной связи, № 3, 128—137 (1960).

Выясняется роль артикуляции.

*VI-13. Чистович Л. А., Алякринский В. В., Абульян В. А., «Временные задержки при повторении слышимой речи», *Вопросы психологии*, № 1 (1960).

Текущее перекодирование звукового сообщения в последовательности элементарных решений и последующее принятие решений на основе элементарных.

*VI-14. Чистович Л. А., «Текущее распознавание речи человеком», *Машинный перевод и прикладная лингвистика*, № 6 (1961); № 7 (1962).

Работа, подводщая итог серии экспериментальных исследований по восприятию речи человеком

*VI-15. Fant G., *Acoustic theory of speech production*, Gravenhage; русский перевод: Фант Г., *Акустическая теория речеобразования*, Физматгиз, 1964.

Акустическая теория речи в связи с фонологическим анализом.

*VI-16. Ladefoged P., «The perception of speech», *Mechanisation of thought processes. Proc. of a Symposium*, vol. 1, London, 1959, p. 403—408.

Восприятие речи.

*VI-17. Liberman A., «Some results of research on speech perception», *J. Acoust. Soc. Amer.*, 29 (1957).

Опыты по восприятию искусственно синтезированной речи.

*VI-18. Tatehchandra R., «Machine recognition of spoken words», *Advances in Computers*, vol. I, New York — London, 1960, p. 193—229.

Автоматическое распознавание речи.

*VI-19. Marill T., «Automatic recognition of speech», *IRE Trans. on Human Factors in Electronics*, HFE-2, 34—38, March (1961).

Обзор работ по автоматическому распознаванию речи

*VI-20. Miller G., Nicely P. E., «An analysis of perceptual confusion among some english consonants», *J. Acad. Soc. Amer.*, 27, № 2, March (1957).

*VI-21. «Речь. Артикуляция и восприятие», сб. под общей редакцией В. А. Коженикова и Л. А. Чистович, М.—Л., 1965.

Изложение результатов серии экспериментальных работ по артикуляции речи, ее организации во времени и ее восприятию.

См. также [*IV-64—69].

VII. ВОПРОСЫ ПСИХОЛОГИИ И ФИЛОСОФИИ

VII-1. Langer S. K., *Philosophy in a New Key*, Mentor House, New York, 248 p.

Две главы — 5-я и 8-я — посвящены языку и музыке

VII-2. Britten K., *Communication to philosophical study of language*, Harcourt Brace, New York, 1939.

VII-3. Hull C. L., *Principles of Behavior*, Appleton Century Crofts, New York 1943.

VII-4. Moles A., *La création scientifique*, vol. 1, Éd. Kister, Genève, 1957, 256 p.

VII-5. P o l i n R., Originalité et valeurs, Conf. à la Soc d'Esthétique, Nov. 1954.

VII-6. G u i l l a u m e P., Psychologie de la forme, Flammarion, 1937, 236 p.

VII-7. L e w i n K., Field theory in social science, Harper Bros, 1951, 345 p.; 1949, 1180 p.

VII-8. W o o d w o r t h R. S., Traité de psychologie expérimentale, 2 vol., P. U. F.

Глава 16 посвящена экспериментальной эстетике.

VII-9. S t e v e n s S. S., Handbook of Experimental Psychology, Wiley/Charman, New York, 1951, 1435 p.; русский перевод: «Экспериментальная психология», ИЛ, т. I, 1960; т. II, 1963.

Очень полный справочник, написанный двадцатью двумя специалистами; содержит разнообразные сведения из психофизиологии.

VII-10. W e r t h e i m e r M., Productive Thinking, Harper Bros, New York, 1945, 224 p.

VII-11. S h e n, J. *Exper. Psychol.*, 10, 158—183 (1927).

Работа по разборчивости идеограмм при чтении

VII-12. Z e i t l e r, *Philosoph Studies*, 16, 380—463 (1900).

Работа по разборчивости типографских знаков

VII-13. V a l e r y P., Pièces sur l'Art, n r f, 1934, 250 p; см. в особенности стр 18—25

VII-14. M o l e s A., «Note sur un test projectif sonore», Notes du Centre d'Études Radiophoniques, R T F, Paris, Juill, 1955.

VII-15. D r e v e r J, A dictionary of Psychology, Pelican Reference Ser, Harmondsworth, 1952, 260 p.

VII-16. A l l é o r t F., Theories of perception and the Concept of Structure, Wiley, New York, 1955, 700 p.

VII-17. Information Theory in Psychology, Ed. H. Quastler, Free Press, Glencoe, 1955, 440 p.

*VII-18. Г л e з e р В Д, Ц у к к e р м a н И И., Информация и зрение, М.-Л., 1961.

Зрительное восприятие с точки зрения теории информации.

*VII-19. П р и б р a м К, «Перспективы развития нейропсихологии», *Вопросы психологии*, № 2, 16—25 (1964).

Экспериментальный анализ нейрофизиологических систем зрительного восприятия.

*VII-20. Биологические аспекты кибернетики, М., 1962. Сборник статей советских ученых.

*VII-21. В ы г o т с к и й Л. С., Избранные психологические исследования, М., 1956.

В сборник включена работа «Мышление и речь», написанная в 1934 г., но остающаяся до сих пор одной из главных работ в этой области.

*VII-22. В ы г o т с к и й Л. С., Развитие высших психических функций, М., 1960.

Роль знаков как способов управления человеческим поведением, в том числе восприятием.

- *VII-23. Бернштейн Н. А., «Проблема взаимоотношения координации и локализации», *Архив биол. наук*, 38, № 7 (1935).
Основная работа по кибернетическим вопросам биологии.
- *VII-24. Бернштейн Н. А., О построении движений, Медгиз, 1947.
Рассмотрены, в частности, и проблемы движений при письме.
- *VII-25. Бернштейн Н. А., «Пути и задачи физиологии активности», *Вопросы философии*, № 6 (1961).
- *VII-26. Лурья А. Р., Очерки психофизиологии письма, М., 1950.
- *VII-27. Лурья А. Р., Высшие корковые функции человека, М., 1962.
- *VII-28. Лурья А. Р., Мозг человека и психические процессы, М., 1963.
- *VII-29. Тютин В. С., О природе образа (Психическое отражение в свете идей кибернетики), М., изд-во «Высшая школа», 1963.
- *VII-30. Выготский Л. С., Психология искусства, под редакцией и с комментариями В. В. Иванова, вступительная статья А. Н. Леонтьева, изд-во «Искусство», 1965.
Основополагающая монография, детально исследующая проблемы психологии искусства (главным образом на материале словесного искусства) Рассматривается вопрос о социальной роли искусства и его физиологических предпосылках.
- *VII-31. Бернштейн Н. А., «Кое-что о письме и почерке», *Наука и жизнь*, № 7, 113—120 (1964).
- *VII-32. Вернадский В. И., Химическое строение биосферы Земли и её окружения, изд-во «Наука», 1965.
Обобщающий труд великого русского ученого, посвященный роли человека в биосфере (жизненной сфере), перерастающей в ноосферу (сферу разума). В связи с детальным анализом проблемы симметрии затрагивается вопрос о биологических истоках эстетического восприятия.
- *VII-33. Lévi-Strauss C., *La pensée sauvage*, Paris, 1962.
Анализ первобытного мышления с точки зрения структурной антропологии. В первой главе книги рассматриваются проблемы теории искусства в его соотношении с первобытным мышлением и современной наукой (ср. [*V-40]).
- *VII-34. Lévi-Strauss C., *Le cru et le cuit*, Paris, 1964.
Анализ мифологического мышления на материале южно-американских мифов. Книга построена по образцу музыкального сочинения и по своей форме представляет интерес для проблемы синтеза структурной науки и искусства. В „Увертюре“ рассматриваются вопросы теории современной музыки; отмечается роль Вагнера как предшественника структурного изучения мифов (ср. [*V-35]).

Музыкальные иллюстрации

КАТАЛОГ ПЛАСТИНОК ГРАМЗАПИСИ ¹⁾

К-1. Пример некоторых видоизменений финала «Половецких плясок» Бородина в исполнении

- а) В о л ь ф а,
- б) С т о к о в с к о г о

К-2. Пример изменений в темпе Девятой симфонии Бетховена в исполнении

- а) Т о с к а н и н и,
- б) В а н - О т т е р л о.

К-3. Различное понимание одного и того же отрывка: Бородин «Половецкие пляски» в исполнении

- а) В о л ь ф а,
- б) С т о к о в с к о г о,
- в) Ф р и к с и.

К-4. Систематическое использование расстроенных инструментов: Ванда Л и н д о в с к а «Концерт для клавесина» и особенно «Сарабанда» Шамбаньера и сонаты Скарлатти

К-5. Использование гармонического богатства звукового объекта (вертикальное чтение, полярное восприятие Уэллека):

Стравинский «Весна священная» в исполнении Д о р а т и.

К-6. Музыкальные отрывки, поддающиеся инверсии:

- а) Бизе, Серенада для флейты из «Арлезианки»;
- б) Форе «Ноктюрн для виолончели» из «Шейлока»;
- в) Хачатурян «Танец девушек» из сюиты «Гаяне»;
- г) Баркехли «Персидский крестьянин» — соло для скрипки;
- д) музыка для японского театра Но;
- е) Явайская музыка.

¹⁾ Указанные записи хранятся в фонотеке Французского радио.

К-7. Пример «мелодии звуковых оттенков»: Шёнберг «Свидетель из Варшавы».

К-8. Примеры ритмической игры:

а) Г а м е л а н «Ява», С л е н д р о «Sekargedung».

б) Джаз С и н г л т о н а, импровизация на ударнике (обратить внимание на использование ритмических вариаций).

в) Африканская музыка: магическая песня для зазывания кайманов (обратить внимание на возникновение все более и более сложной ритмической системы).

К-9. Пример повторения с простым изменением голоса:

Бетховен, V симфония, 1-я часть (23 последовательных повторения одной темы) в исполнении К а р а я н а (сравнить интерпретацию этой простой темы с ее интерпретацией Малькольмом С а р д ж е н т о м).

К-10. а) Пример модификации темы путем изменения звуковых объектов, составляющих ячейку, без изменения образа:

Равель «Болеро» в исполнении Поля К л е к и.

б) Вариации при исполнении одного и того же отрывка «Токкаты и фуги» Баха на 14 различных знаменитых органах Европы: Исполнитель Пауэр Б и г г с.

К-11. Повторение с изменением аккомпанемента:

Тридцать первый такт «Неоконченной симфонии» Шуберта в исполнении Томаса Б и ч а м а.

К-12. Повторение с изменением других голосов:

Бах «Фуга ре минор» в исполнении Л ё в е н г у т а.

К-13. Повторение при развитии темы:

Бах «Фуга ля минор» в исполнении Бойда Н и л а.

К-14. Вариации на первоначальную тему:

а) Бах «Гольдберг-вариации» в исполнении Ванды Л а н д о в с к а (клавесин).

Сравнение арии и вариаций свидетельствует о наличии отклонений от темы.

б) Бетховен, Семь вариаций для виолончели на тему из оперы Моцарта «Волшебная флейта», в исполнении К о р т о и К а з а л ь с а.

Рекомендуется сравнить начало вариаций 1, 3 и 7, в которых можно заметить переход от стиля Моцарта к стилю Бетховена.

К-15. Модулированные повторения, отделенные друг от друга путем введения другой темы:

Бах «3-й Бранденбургский концерт» в исполнении оркестра п/у Ч е м б е р а.

К-16. Примеры звуковых элементов, включающих в себя наборы нот, гамм и переменных тембров:

а) представление музыкальных инструментов Рейнальдо Х а н а;

б) примеры того, что сложность записываемых жанров постоянно возрастает. Для получения достаточной точности исследования следует выбрать несколько типичных музыкальных произведений.

К-17. Использование ударных инструментов для расширения звукового спектра:

Мийо, «Концерт для ударных инструментов» в исполнении Р и з а; Шаве «Токката для ударных инструментов» в исполнении Г е т х э м а; Бела Барток «Струнная музыка».

Во второй части «Токкаты» Шаве имеется интересный пример растворения спектра удара в белом шуме.

К-18. Музыка, написанная на заданную тему, что значительно уменьшает количество семантической информации.

П р о к о ф ъ е в «Петя и волк» в исполнении Кусевицкого; **А р т ю и** «Краб, который играл с морем»; **Л ю н и н г и У с а ч е в с к и й**, Сюита из «Короля Лира».

К-19. Использование оркестра в качестве аккомпанемента для голоса:

Монтеверди «Орфей», действие II.

К-20. Увеличение и сокращение длительности. Экспериментальная студия, **Герман Ш е р х е н**.

- 1) Робеспьер держит речь перед Конвентом;
- 2) Бетховен, Увертюра «Эгмонт»;
- 3) Штраус «Летучая мышь»;
- 4) Бетховен «Бьют барабаны» (для голоса), с ускорениями и замедлениями.

К-21. Унификация смеси голоса и оркестра с тем, чтобы голос можно было использовать в качестве составной части оркестра в кульминационном пункте оперы:

М о ц а р т «Свадьба Фигаро».

К-22. Разделение музыкальных и вокальных сообщений в конце развития оперы:

В е р д и «Риголетто», действие III.

К-23. Попытка синтеза музыкальных звуковых объектов:

О л с о н «Звуки и музыка электронной музыкальной синтезирующей машины».

Панорама конкретной музыки:

Л ю н и н г и У с а ч е в с к и й «Поэма в килогерцах и децибелах для магнитофона и оркестра»;

У с а ч е в с к и й «Пьеса для магнитофона».

К-24. Разделение семантической и эстетической информации в музыкальном сообщении:

М о л ь «Experimente mit dem Albisterzfilter».

Предметный указатель

- Автокорреляционная функция 118
Автокорреляция 118, 149, 161, 233
Амплитуда 142
Аналогии функциональные 292
Аплодисменты 138, 140
Апраксия 155
- Балет 254
Банальность 196, 218
Белый шум 138—141
Библия 85—86
Бит (единица информации) 58
Букв последовательность 59—60, 93, 99
- Вариации исполнения 213
— конструкции инструментов 213
— оркестровки 213
Вебера — Фехнера закон 41
Внимание 80, 153, 253, 263—267
— неполное 253
Восприятие информации 110
— — предел 238
Высота звука 185
- Гамма 168
Гармоник закон 181
- Гармоническая плоскость 177
Гармонические законы 180
Гейзенберга принцип 164
Географическая карта 152
Гласные звуки 224, 229
Громкость 42
- Двоичная единица информации (бит) 58
Делимость звуковой материи 174
Дельта-функция Дирака 138
Деструктивная форма информации 111
Диграммы 99
Динамическая плоскость 177
Динамическое повышение порогов 150, 154
Дифференциальный порог 48
— — для зрения 41
— — для слуха 42, 43, 45, 141, 154
Длительность ощущения 156
Допустимые отклонения 154, 214, 216
- Единица информации (бит) 58
- Заинтересованности центр 178, 186

- Закон Вебера — Фехнера 41
 — гармоник 181
 — повторения 236
 — сходимости 181
 Законы гармонические 180
 — мелодические 183
 Запись 35, 173
 Запоминание 158, 160—161
 Звуковая материя (Klangstoff)
 34, 120, 226, 285
 Звуковое сообщение 42
 Звуковой объект 170, 286
 Звукозапись 37, 171, 173
 Зрение 47
 Зрительные сообщения 47
- Идеограмма 106, 109
 Иерархия структур 209
 Избыточность 85, 92—93, 149
 Изменение во времени звуко-
 вого сообщения 183
 Измерения (размерность) сооб-
 щения 36, 40, 42, 47, 252
 Изохронизм 121, 125
 Инверсия 191, 224, 290
 Индекс Флеша 241
 Индивидуальность ноты 179
 Интенсивность воспринимаемо-
 го света 47
 Интервал корреляции 133
 Информация 29, 50, 283
 — структуртивная форма 111
 — единица 58
 — количество (мера) 78, 85
 — максимальная 83
 — относительная 85
 — семантическая 201
 — скорость передачи 63
 — эстетическая 201
 Искажения 228, 289
 Исчерпание сообщения 240, 245
- Каналы 35
 — естественные 36
 — искусственные 36, 291
 Картина как сообщение 210
 Квант длительности 43, 148
 Квантование 179
 Кванты восприятия 43, 45
 Кипу́ 36
 Код 97
 Кодирование 96, 97
 Количество информации 78, 85
 — оригинальности 57, 78, 110
 Коммуникация (связь) 28, 38,
 276
- Контрапункт семантика — эсте-
 тика 235
 Концерты симфонические 64, 66
 Координаты пространственные 47
 Корреляция 118
 — интервал 133
 Коэффициент оригинальности
 65, 70
 — усиления 143
 — эффективности языка 85
 Кривая Флетчера 43
 Криптограмма 95
 Криптография 95, 96
 Кроссворды 93
- Материальность связи 279
 Макроструктуры 190, 235
 Максимальная информация 83
 Максимальный предел восприя-
 тия 110—111
 Марковские процессы 88, 99
 Матрица (таблица) социально-
 культурная 100, 197, 202,
 205
 Мелодическая плоскость 177
 Мелодия 231
 Метаязык 203—204
 Методы экспериментальной
 эстетики 239
 Микроструктуры 190
 Минимальное время (длитель-
 ность) восприятия 44, 107,
 108, 120, 148, 156, 161
 Модуляция (изменение) дли-
 тельности 223
 Музыкальное сообщение 22,
 166
- Набор элементов 42
 Наборная касса 59
 Наиболее трудное для передачи
 сообщение 111
 Насыщения порог 41
 Неопределенности принципы
 144, 145, 148
 Неполное внимание 253
 Непрерывность во времени 156
 Нота 186
 Нотная запись (партитура) 74,
 187, 211
- Область слышимости 175
 Обобщенный речитатив 258, 267
 Образ (форма) 81, 107, 111,
 232, 284

- Образные вариации 170, 192, 227
 Обучение 157—158
 Ограничение 220
 — бесконечное 220, 290
 — скорости информации 111, 240
 Однородность ноты 179
 Окрашивание белого шума 141
 Оригинальности коэффициент 65, 70
 Оригинальность 51, 52
 — количество, мера 57, 78, 110
 — музыкальных концертов 64—72
 Отклонения допустимые 214, 216
 Отфильтровывание информации 223
- Память 155—161, 245
 Партитура (нотная запись) 74, 187, 211—213
 — несовершенства 212
 Передача сообщения 35
 Период переходный 184
 — установившийся 184
 Периодичность 119, 285
 Плоскость гармоническая 177
 — динамическая 177
 — мелодическая 177
 Плотность восприятия 107, 108
 Повторения закон 236
 Повышение порогов 150
 Позывные 219, 241
 Полиграммные вероятности 94
 Понятность 236, 241, 265
 Порог восприятия 44, 120
 — — динамическое повышение 150, 154
 — дифференциальный 41
 — насыщения 41
 — чувствительности 40
 Последовательность букв 59—60, 93, 99
 Послесвечение («фосфоресценция») восприятия 156
 Предвидимость (предсказуемость) 117, 119
 Предел восприятия 111, 142, 151, 238
 Предельная пропускная способность 238
 Преднамеренность 133, 136, 163
 Предсказуемость 117, 119
 Преобразование (переложение) сообщений 290
- Принципы неопределенности 144, 145, 148
 Пропускная способность каналов связи 48—49
 Пространство степеней свободы 205, 217, 246, 249
 Психологический метод 29
- Равновероятность 58, 83, 84, 98, 112
 Развертка 39, 106, 108
 Размерность см. Измерения
 Разрешающая способность глаза 47
 «Реализация» 213
 Рефлекс условный 159
 Речитатив обобщенный 258
 Речь 39
 Ритм 121
- Сверхсимволы 115
 Связь (коммуникация) 28, 38, 276
 Семантическая информация 200, 201, 203
 Символизация запоминающая 160
 Символы 79, 115, 157, 160
 Симфонические концерты 64, 66
 Скорость передачи информации 63
 Скотопическое зрение 47
 Сложность 72—74
 Сложные сообщения 34, 252
 — — классификация 254
 Слух 42
 Слышимости область 175
 Согласные звуки 224, 229
 Сообщение 27, 35, 40
 Сообщения сложные (многомерные) 34, 252
 Социально-культурная таблица (матрица) 53, 70, 100, 197, 202, 205
 Степеней свободы пространство 217, 246, 249
 Структуры 189, 209, 217
 Сходимости закон 181
- Телеграфный стиль 97
 Тембр 176
 Тембров плоскость 177
 Типографская (наборная) касса 59
 Триграммы 99
 Трудность передачи сообщения 111

Усиления коэффициент 143
Условный рефлекс 159
Установившийся период 184
Фильтры 146
— информационные 227
— полифонические 229
Флетчера кривая 43
Флеша индекс 241
Форма (образ) 81, 107, 111,
117, 232, 284
«Фосфоресценция» (послесвече-
ние) восприятия 156
Фотопическое зрение 47
Фуга 192
Функциональные аналогии 292
Функция автокорреляции 118

Центр интереса (зантересован-
ности) 178, 186

Чувствительности порог 40

Шеннона формула 58
Шифровка и дешифровка 96
Шум 112, 113, 134—142
— белый 138—141
— идеальный 138

Эвристический метод 72, 295
Элементы восприятия 41
— набора 42
— сообщения 40
Энграмма 94
Энтропия 57, 84
Эргодическая гипотеза
Эстетическая информация 201
Эффективность языка 85

Ячейки 190

Послесловие редакторов русского издания

В кругу научных дисциплин, сложившихся в годы после второй мировой войны и часто объединяемых общим термином «кибернетика», теории информации принадлежит особенно значительное место. Представление информации как числовой величины, введение методов оценки пропускной способности канала связи, общая схема процесса передачи сообщений, понятие избыточности — все эти основные идеи и методы оказались настолько общими и продуктивными, что теория, разработанная К. Шенноном в связи с конкретными инженерными приложениями к технике связи, вскоре стала применяться к очень широкому кругу явлений — таких, как язык, сообщения, получаемые человеком с помощью органов чувств, и т. п. Стали появляться исследования, в которых теория информации прилагалась к биологии (в частности, в генетике — к расшифровке кодов, посредством которых передается наследственная информация, что дало особенно интересные результаты), психологии, лингвистике и т. д.

В ряду подобных работ предлагаемая вниманию читателей работа А. Моля представляет значительный интерес потому, что в ней делается попытка разобраться в возможностях приложения теории информации к эстетике — области, где количественные (и вообще точные) методы до

недавнего времени почти совсем не применялись. Книгу отличает стремление автора найти те области, в которых теория информации в ее прежнем виде оказывается неприменимой, и использовать исследование эстетических вопросов для уточнения сферы применимости теории информации к обычному (естественному) языку. В этом отношении А. Моль отличается от ряда других авторов, писавших о применении теории информации к самым различным областям в первые годы «бури и натиска», когда теория информации казалась почти универсальным средством для решения самых разнообразных проблем, что вызвало возражения создателя теории — К. Шеннона («Бандвагон» [*I-14]).

Автор настоящей книги — А. Моль, являющийся в настоящее время сотрудником Института социологии Страсбургского университета (Франция), принадлежит к числу исследователей с очень широким профилем, применяющих современные экспериментальные и теоретические методы исследования к обширному кругу явлений, прежде целиком находившихся за пределами точных наук¹⁾. Его перу принадлежат книги и статьи по вопросам исследования устной речи и физиологии слуха, музыки, поэзии, эстетики (см. [I-8; III-10, 11; *III-32; IV-17, 35, 36, 38; *IV-103, 104; V-8; VI-3, 4] и др.). А. Моль провел ряд экспериментальных исследований в области изучения физиологии слуха, устной речи и музыки, часть которых нашла отражение в данной книге, где вопросы, связанные с этими проблемами, рассматриваются особенно подробно. Вместе с тем А. Моль широко (хотя и не всегда достаточно последовательно и четко) использует сведения, относящиеся к целому ряду смежных дисциплин, как гуманитарных, так и естественно-научных и математических. Такая широкая постановка вопросов является безусловной заслугой автора, так как развитие научной эстетики в дальнейшем немислимо без использования данных смежных наук.

Одним из основных стимулов к появлению исследований этого типа явился достигнутый за последнее время прогресс в развитии соответствующих технических средств. А. Моль в своей книге с полным основанием отмечает огромную роль техники звукозаписи, развитие которой создает отсутствовавшие прежде условия для объективного исследования звуковой речи, музыки и других видов передачи звуковых сообщений. Многие современные технические достижения, создающие предпосылки для прин-

¹⁾ Под точными науками здесь и далее имеется в виду комплекс наук, использующих математические методы.

ципиально нового, объективного подхода к исследованию языка и произведений различных искусств, еще должным образом не оценены лингвистами и искусствоведами. В этом отношении книга Моля, несомненно, может принести пользу, обратив внимание на возникшие новые технические возможности.

В этой связи следует обратить внимание на работы советского лингвиста и стиховеда С. И. Бернштейна, который еще в 20-е годы использовал звукозапись для исследования исполнения поэтических произведений их авторами и создал уникальную фонотеку современной русской поэзии.

Но развитие техники не только открывает возможность применения новых экспериментальных методов, например спектрального изучения устной речи, результаты которого перевернули многие представления традиционной фонетики и фонологии. Оно способствует также и выдвижению новых теоретических проблем, прежде ускользавших от четких формулировок. В частности, развитие вычислительной техники выдвинуло проблему автоматического распознавания образов, в связи с чем изучение человеческого восприятия (включая и восприятие художественных образов) перестало быть отвлеченной проблемой и превратилось в предмет конкретных кибернетических экспериментов.

Большое место в книге Моля занимают примеры из области музыки, которая давно уже привлекает внимание исследователей, стремящихся применить к ее изучению точные математические методы. По-видимому, это можно объяснить специфической особенностью музыки, в какой-то степени облегчающей подобные исследования и позволяющей, в частности, моделировать композиции на электронных вычислительных машинах, а также производить формальный анализ структуры музыкальных произведений. В отличие от других видов сообщений музыкальные произведения преимущественно представляют собой не непосредственные описания каких-то явлений или фактов, а выражают прежде всего чувства и настроения, определенную эмоциональную направленность, отвлеченные от конкретного изображения внешних форм действительности. Это отвлечение и открывает возможность выражения одной и той же мысли разными музыкальными приемами, средствами, интонациями. В этом смысле можно сказать, что музыка относится не к изобразительным, а к выразительным видам искусства.

В последние годы предпринимаются попытки исследования музыкальных процессов с помощью кибернетических

методов и средств. Они являются плодотворными как с точки зрения синтеза звуковых объектов и исследования психологии их восприятия, так и с точки зрения объективной проверки тех или других закономерностей музыкальных стилей в теоретическом музыкознании (см. [*IV-65] и след.).

На электронных устройствах (включая и автоматические цифровые вычислительные машины) производится синтезирование различных тембров, как подобных тембрам классических инструментов, так и новых, не известных практике. Это, в частности, позволяет исследовать явление «негармоничности» музыкальных инструментов, отмечаемое А. Модем, а также другие вопросы психологии восприятия. Так, например, причина утомляемости уха при прослушивании «электронных» звуков заключается в излишне точной фиксации, в постоянности частоты и амплитуды генераторов звука, в то время как интонации человеческого голоса или известных музыкальных инструментов во всех своих параметрах обнаруживают значительные — и притом случайные — отклонения, не выходящие, однако, за пределы некоторой области. Это явление связано с зонной природой человеческого слуха («зонный слух») и классических музыкальных инструментов («зонный строй»). (См. основополагающие работы советского музыковеда Н. А. Гарбузова [*IV-65—68].)

Известно, что при воспроизведении звука на любом музыкальном инструменте существует *зона*, в пределах которой данная ступень, отмеченная высотным нотным знаком, отклоняется от абсолютного ее значения в ту или другую сторону, сохраняя при этом, однако, свое качество и название, в силу чего она обозначается одним и тем же термином. Примером является колебание высоты при вибрато звука. Подобные отклонения не производят неприятного впечатления на человеческое ухо, наделенное зонным слухом. Зона наблюдается также в области темпа, ритма, тембра, динамики. Ясно, что различные исполнения одной и той же партитуры отличаются друг от друга в каких-то деталях, часто довольно значительно (особенно при исполнении группой музыкальных инструментов или оркестром), оставаясь тем не менее в пределах зоны. Эти различия, порожденные зонностью строя музыкальных инструментов, воспринимаются при прослушивании вследствие зонности самого слуха как некоторые выразительные особенности, специфические качества, присущие данному исполнителю или музыкальному инструменту (ансамблю, оркестру), и являются причиной тех

«видоизменений» в музыкальных исполнениях, о которых говорит Мольт.

Одним из методов объективного познания законов природы и, в частности, подтверждения гипотез является моделирование изучаемых процессов на автоматических вычислительных машинах, которое отражает их наиболее характерные, специфические стороны.

Работы по моделированию на машинах музыкальных сочинений требуют точных формальных определений музыкальных понятий и количественных (преимущественно статистических) оценок. Они предоставляют новое средство музыковеду-теоретику для подтверждения и исследования обнаруженных закономерностей. При этом следует особо подчеркнуть *объективный* характер подобных исследований. Действительно, при моделировании соответствующих композиций без машины (что приходится делать музыковедам для исследования обнаруженных закономерностей) человек не может не внести элемента субъективности.

В последнее время проводятся опыты по моделированию на машинах различных композиционных стилей (в широком смысле этого слова), что может оказаться полезным не только для работы музыковеда-теоретика, но также и при исследовании «механизма» образования новых понятий, не предусмотренных программой и находящихся на более высокой ступени иерархического ряда. При этом образование новых понятий производится на базе первоначальных, формальных характеристик композиции. Такие работы способствуют решению задачи автоматического сведения неспециальных терминов языка музыковедов, выражений «высшего иерархического уровня», к определениям более «низкого уровня», т. е. сведения их к строго определенным элементарным понятиям музыки, которые связаны между собой определенными математическими зависимостями (в первую очередь статистическими и логическими).

Первостепенной задачей для успешного проведения таких исследований является разработка специализированного языка для описания моделируемых процессов, необходимого также для автоматизации процесса программирования. Программировать же достаточно мощную по объему модель кустарно, вручную, как это делается в настоящее время (впрочем, отнюдь не только при моделировании музыкальных процессов), — чрезвычайно громоздкое и малопродуктивное занятие. Огромная часть труда при этом тратится весьма непроизводительно — на отыскание ошибок и описок при составлении программы.

Кроме того, создание системы автоматического перевода понятий необходимо и вследствие того, что область исследования музыкальных явлений кибернетическими методами и средствами находится в основном на стыке двух сфер деятельности человека — математики и музыки. Поэтому прогресс здесь может быть достигнут лишь при совместной работе специалистов смежных наук.

Для современного этапа в развитии наук о человеке особенно существенно то, что человека при решении широкого круга задач можно рассматривать как некоторое особое устройство, характеризующееся определенными параметрами. Такой подход способствует успешному сочетанию методов экспериментальной физиологии, исследующей количественные характеристики работы такого устройства, и методов кибернетики, моделирующей некоторые функции человека с помощью вычислительных машин. Все системы связи в человеческом обществе включают человека в качестве необходимого звена, которое не может быть устранено [*VI-18, 19]. Поэтому и возникает практическая потребность описывать человека и технические элементы связи в единых терминах, что оказывается возможным благодаря теории информации, позволяющей давать количественную оценку различных каналов связи, в том числе и биологических (например, тех каналов связи, которыми являются органы чувств человека).

В этом направлении за последнее время достигнут ряд успехов, в частности в работах советских исследователей, занимавшихся изучением физиологии слуха, в особенности его временных параметров [*VI-5—14], и физиологии зрения [*VII-18]. Результаты этих исследований вносят существенные коррективы в то описание соответствующих явлений, которое предлагается в книге А. Моля; в частности, при описании слуха оказывается особенно важным разграничить временные задержки (порядка 100 миллисекунд), которые требуются для принятия классификационных решений (например, для фонемной классификации звуков), и в несколько раз меньшие временные задержки, соответствующие принятию первичных решений на основании полученных акустических сигналов [*VI-11—14].

Но несмотря на то, что схематическое изложение основных особенностей слухового и зрительного восприятия, которое читатель найдет в данной книге, нуждается в дальнейших коррективах, необходимо отметить правильность основной идеи автора, заключающейся в том, что современные методы исследования органов чувств человека (и программ их обработки центральной нервной

системой) и дальнейшие результаты использования этих методов должны быть положены в основу построения теории восприятия образов, в том числе и художественных.

В качестве одного из примеров, показывающих значение исследования этих проблем для кибернетической биологии, можно указать на проблему восприятия человеком периодических временных структур. Как отмечает в своей книге А. Моль, для человека обычно достаточно очень небольшого числа регулярных повторений (трех-четырёх), чтобы он обнаружил наличие правильного ритмического чередования. Этот вывод, который можно связать с экспериментальными данными о количественной ограниченности оперативной памяти человека, с одной стороны, представляет интерес для теории музыки и теории стиха (ср., например, известные количественные ограничения, налагаемые на число стоп в стихе без цезур, и т. п.), а с другой стороны, может помочь объяснить действие некоторого бессознательного кибернетического механизма, который позволяет человеку по первым слогам стихотворного отрезка уловить его ритм; эта проблема была намечена еще в стиховедческих работах Б. В. Томашевского [*III-44] и развита в работах по физиологии активности одного из предвестников кибернетики — Н. А. Бернштейна [*VII-25] и в стиховедческих кибернетических работах А. Н. Колмогорова.

В связи с проникновением кибернетики в область искусства возникает ряд эстетических вопросов, в частности проблема влияния математики и электронной вычислительной техники на изменение отношения художника к своему произведению. Известно, например, что композитор выражает в музыкальном произведении свое восприятие, отношение к действительности, свое мировоззрение. Естественно возникает вопрос, что отражается и что выражается в музыке, сочиненной с помощью электронных вычислительных машин. Этому вопросу частично касается и А. Моль в статье, опубликованной уже после выхода данной книги [*IV-104].

Из вопросов исследования творчества, которые приобрели особую роль в свете кибернетических представлений, особо следует отметить проблему выбора художником одной из безграничного числа творческих возможностей. Наглядный пример, доступный объективным методам исследования, представляет отбор поэтом окончательного текста из многих вариантов одного и того же стихотворения, зафиксированных в черновиках (черновики Пушкина, например, тонко изучены, начиная с 20-х годов нашего века; см. работы С. М. Бонди и других советских

пушкинovedов). Как показал А. Н. Колмогоров, применение к поэтическому языку методов теории информации позволяет установить количественную оценку размеров перебора, необходимого для выбора одного данного текста из астрономического числа возможных, что представляет огромный интерес для сравнения возможностей автоматов и человеческой интуиции.

Разработка этой новой проблематики, вызванной к жизни успехами современной техники и развитием смежных кибернетических и биологических дисциплин, в большой мере облегчается тем, что начиная с 20—30-х годов нашего века в ряде гуманитарных наук развивались направления научных исследований, которые, хотя они в то время и не могли быть непосредственно связаны с запросами кибернетики, в настоящее время воспринимаются как ее «двоюродные братья». Речь идет прежде всего о широком внедрении структурных методов исследования, проникших в психологию (гештальт-психология), лингвистику (структурная лингвистика), поэтику и искусствovedение.

Исследование языка как некоторой формальной структуры, которое нашло практические приложения в работах в области машинного перевода, впервые зародилось задолго до появления современной вычислительной техники. Развитие этой лингвистической теории в советской науке первых лет после революции было неразрывно связано с работами в области формального изучения поэтического языка таких ученых, как Б. В. Томашевский, Ю. Н. Тынянов, В. Б. Шкловский, Б. М. Эйхенбаум, В. Я. Пропп и др. [*III-29, 30, 44, 66, 70, 71; *V-42—47, 49, 64, 65, 80, 101, 102, 110]. Эти работы советских ученых, получившие в самое последнее время широкое признание и развитие в разных странах мира, непосредственно подготавливали почву для точного описания художественного произведения и для постепенного превращения литературovedения и искусствovedения в точную науку. На первых порах такого рода исследования обращались преимущественно к внешней (материальной) стороне художественного произведения, исследовались его язык, звуковая организация, ритмическая структура, а также построение сюжета и т. п.

В работах этих лет можно видеть предвосхищение многих черт современного кибернетического подхода к искусству: так, в работах Б. В. Томашевского [*III-44] проведено обстоятельное статистическое и теоретико-вероятностное исследование русского стиха (в развитие пионерских работ Андрея Белого, продолженных и мно-

гими другими авторами); в исследовании В. Я. Проппа [*V-46] на материале волшебной сказки были на 30 лет превосхищены методы формального описания структуры текста (ср. [*V-49]). В дальнейшем (в частности, в работах С. М. Эйзенштейна) были предприняты опыты структурного анализа художественных произведений на разных уровнях его организации, включая семантический (не в принятом у Моля, а в более широком семиотическом смысле).

Следует отметить, что все эти теоретические исследования шли рука об руку с тем творческим экспериментом, которым характеризовалось революционное искусство: так, многие теоретические работы «Общества по изучению поэтического языка» (ОПОЯЗ) были непосредственно связаны с поэтическим творчеством Маяковского, который был одним из его активных членов. Исследования С. М. Эйзенштейна в области эстетики кино и общего искусствоведения служили теоретической основой для его режиссерской практики, завоевавшей нашему киноискусству мировую славу.

В связи с обсуждаемым в гл. VI книги Моля вопросом о сложных (синтетических) искусствах следует отметить, что С. М. Эйзенштейн в целой серии работ, напечатанных в 40-х годах, предложил опыт структурного описания сложных искусств, где обнаруживается «контрапункт» (точнее, взаимодействие) нескольких частных искусств, например музыки и немого кино: этот случай подробно разобран Эйзенштейном на примере его собственного фильма «Александр Невский» [*V-36]. В дальнейшем осмысление опыта такого сложного искусства, как опера (на примере оперы Вагнера [*V-35]) было использовано Эйзенштейном для освоения цветного звукового кино (вторая серия кинофильма «Иван Грозный»).

Необходимо заметить, что эти работы Эйзенштейна до настоящего времени остаются непревзойденным образцом точного эстетического исследования, так как в них владение строгим методом (автор имел математическое образование и интересовался биологической и психологической наукой своего времени) сочетается с глубоким внутренним проникновением в суть исследуемого произведения. В частности, благодаря этому Эйзенштейну удалось избежать несколько одностороннего увлечения чисто синтаксической стороной художественного произведения (т. е. стороной, характеризующей лишь его внутреннюю структуру), свойственного многим теоретическим и практическим опытам в различных искусствах, относящимся к 20-м годам. В этом смысле книга Моля, не знакомого с

указанными выше работами, по своему духу ближе к ранним опытам русской формальной школы, чем к последующим исследованиям Эйзенштейна (и других авторов), где достаточное внимание уделяется структурному анализу не только синтаксических, но и семантических (в отмеченном выше семиотическом смысле) сторон искусства, т. е. его *значению* (эта линия развития теоретических исследований совпадает и с ходом развития тех направлений искусства, в которых на смену чисто «формальным» построениям все чаще приходят опыты использования их результатов для выражения глубокой внутренней темы, отражающей исторический опыт художника).

Указанные работы Эйзенштейна представляют интерес с точки зрения проблем, разбираемых в настоящей книге, еще и в другом отношении: в этих работах особенно отчетливо видна связь эстетических концепций Эйзенштейна с возможностями техники (например, звукового и цветového кино), которая революционизирует внешнюю (материальную) сторону искусства.

Следует отметить, что пезнакомство Моля с указанными работами советских авторов приводит к известному дилетантизму в освещении некоторых эстетических проблем, достаточно глубоко и полно разработанных в нашем литературоведении и искусствоведении (в частности, музыковедении и киноведении), начиная с 20-х годов нашего века. Вместе с тем в книге Моля заметно сильное воздействие таких эстетических представлений, которые связаны лишь с очень узким пониманием некоторых проблем искусства, когда на первый план выдвигается индивидуальное и оригинальное в противопоставлении общему (см. в особенности гл. V). Эта концепция, существенная для понимания эстетической информации в его книге, вовсе не является обязательным следствием принятия методов теории информации. Это показывают исследования А. Н. Колмогорова в области теории и истории стиха, где на первый план выдвигается именно понятие статистической нормы и статистической тенденции, на фоне которых отчетливо обнаруживаются эстетические отклонения. В работах А. Н. Колмогорова, где (в отличие от работы А. Моля) применение теории информации основывается на усвоенных достижениях формального литературоведения и стиховедения, убедительно показано, что понятие нормы и традиции является основополагающим для современной эстетики в такой же мере, как и для традиционной эстетики. Количество информации в поэтическом тексте может увеличиваться при наложении более строгих традиционных ограничений на его форму; в пределах неко-

торой традиции (иногда заново создаваемой самим поэтом-новатором) более отчетливо проявляются все отступления от нее (что в некоторых местах книги отмечает и Моль, хотя и делает это недостаточно последовательно).

А. Н. Колмогоров, исследуя стих точными количественными методами, пришел к необходимости различения двух величин, из которых складывается энтропия H языка: h_1 — информационной емкости языка, т. е. количества разных мыслей, которые могут быть изложены в тексте данной длины, и h_2 — гибкости языка, т. е. меры равноценных способов изложения одного и того же содержания средствами данного языка: $H = h_1 + h_2$. Если коэффициент β , характеризующий формальные ограничения, налагаемые стихотворной формой, больше гибкости языка ($\beta > h_2$), то выражение заданной мысли в данной форме невозможно; таким образом, неравенство $h_2 > \beta$ оказывается необходимым условием поэтического творчества (см. [*III-29, 30, 26, 27]). На основании исследования энтропии поэтического языка удается показать чисто количественные трудности, являющиеся принципиальным препятствием для «автоматизации» поэтического творчества.

В качестве иллюстрации этих идей можно указать на то, что, следуя методам формального стиховедения, А. Н. Колмогоров так определяет затраты энтропии на формальные ограничения, характеризуемые коэффициентом β , для одной строки «Евгения Онегина»: 4,0 *бит* (двоичных единиц информации) — на рифму; 5,5 *бит* — на метр; 0,5 *бит* — на статистику форм и их вариантов; 2,0 *бит* — на норму переносов (ритмико-синтаксических несовпадений); 1,0 *бит* — на строфические тенденции; таким образом, $\beta = 13,0 + x$, где x выражает расходы энтропии на звуковые повторы, соответствия ритмических вариантов заданному содержанию и некоторые другие еще неучтенные факторы. Общая энтропия H оценивается в 45 *бит* на 1 строку четырехстопного ямба.

Из приведенных кратких замечаний видно, что в работах А. Н. Колмогорова различаются чисто смысловая информация (h_1) и гибкость (h_2), используемая в поэтическом тексте. Обе величины могут быть измерены, что создает большое преимущество по сравнению с вводимым Модем отчасти сходным различием двух видов информации, где практически отсутствует возможность измерения этих величин.

Указанные работы Колмогорова представляют большой интерес еще и в другом отношении: они обнаружили, что исследование эстетических проблем важно и для даль-

нейшего развития самой теории информации; благодаря этим исследованиям намечены такие новые важные аспекты теории, как нестатистическое (чисто комбинаторное) определение энтропии всего языка, использующейся в поэтическом тексте, установление связей между теорией информации, теорией алгоритмов и теорией автоматов и т. п. Вместе с тем выявилось, что исследование поэтического языка, где отчетливо поддается измерению коэффициент β , важно для определения величины h_2 всего языка, так как позволяет сделать четкие количественные выводы относительно языка в целом.

Исследование величины h_2 (гибкости языка) представляет интерес не только для лингвистики, но и в целом для семиотики — науки о разных знаковых системах (в том числе и о различных языках и знаковых системах искусства, а также знаковых системах различных наук). Если поэтический язык характеризуется максимальным увеличением гибкости (необходимым для выполнения указанного выше неравенства $\beta < h_2$), что достигается путем предельного увеличения многозначности слов (и, следовательно, числа равноценных способов выражения одного и того же содержания), то язык науки стремится к минимальной гибкости (полной однозначности; ср. ту же мысль, изложенную в другой форме Хаксли [*III-33]).

Противопоставление науки и искусства, которое в разных формах часто повторяется в популярной литературе последних лет, толкующей о «физиках и лириках», неизбежно сменяется их более глубоким синтезом, предчувствуемым многими крупными современными учеными и художниками. Этот синтез достигается не только в художественных произведениях последнего времени, посвященных проблематике науки, не только благодаря намечающемуся использованию новых, в частности сложных (синтетических) искусств (таких, как кино и телевидение) в качестве мощных орудий научного обучения, но и прежде всего благодаря выработке новых методов научного описания искусства, горячими поборниками которого выступают выдающиеся художники нашего века (ср. хотя бы замечания Поля Валери [V-6] о необходимости построения точной поэтики).

В настоящее время мы еще далеки от того, чтобы такие точные научные описания реально влияли на практику крупных художников (за такими немногими исключениями, как поэтическое творчество Андрея Белого в пору его зрелости, когда именно статистические наблюдения над развитием русского стиха привели его к сознательному ритмическому экспериментированию, в свою очередь

повлиявшему и на других поэтов). Но уже сейчас можно предвидеть, какое значение кибернетические средства и методы, в частности моделирование на электронных вычислительных машинах таких видов искусств, как музыка и поэзия, могут иметь для теоретического музыковедения (например, для объективной проверки предполагаемых закономерностей) и литературоведения; они помогут более отчетливо осознанию того, что может быть сейчас осуществлено вычислительной машиной, и для отделения этих «вычислимых» (практически более банальных, «обычных», либо же, напротив, тривиальным образом чрезмерно «необычных») видов псевдоискусств от образцов большого искусства. При этом наблюдается все более широкое проникновение кибернетических методов в теорию художественного творчества, а следовательно, и в практику его, поскольку работы теоретиков, как известно, опосредствованно влияют и на творчество художников.

Постепенное развитие семиотики — науки о различных знаковых системах, используемых людьми, автоматами и животными, — позволяет все более отчетливо осознать роль и взаимную дополняемость разных семиотических систем наук и искусств, сложное взаимодействие («контрапункт» в смысле Моля и Эйзенштейна) которых обеспечивает «надежность» и «помехоустойчивость» передачи во времени человеческой культуры.

Книга А. Моля никак не может претендовать на роль путеводителя в этой сложной и неизведанной еще области. Этой книге (вопреки излишне широко вещательным декларациям ее автора) выпала на долю значительно более скромная судьба: ее можно считать не более как предварением к исследованию этих новых важных проблем, возникающих не только на стыке разных наук, но и на стыке лингвистики и точных (математических и естественных) наук, знаковых систем искусств и других семиотических систем (в частности, естественного языка).

Рассматриваемые с с е м и о т и ч е с к о й точки зрения задачи эстетики прежде всего сводятся к построению строго однозначного языка для описания произведений искусства в отличие от того языка с максимальной гибкостью (в широком смысле слова «поэтического»), на котором вплоть до настоящего времени обычно описывались произведения искусства. Надо, однако, заметить, что на практике при первых попытках применения новых методов для описания эстетических явлений иногда происходит обратное: вместо того, чтобы начать с разработки системы точного математического описания явлений искусства (что и трудно было бы ожидать), начинают употреблять

в очень общем смысле некоторые термины, заимствованные из языка точных наук, которые при этом приобретают многозначность. Этому не избежал и автор настоящей книги, в особенности в рассуждениях об эстетической информации; у него этот термин потерял точный количественный характер. Отдельные части книги страдают нестрогостью изложения, содержат неточности и неясные формулировки, что специально оговорено в примечаниях редакторов.

Несмотря на все указанные недостатки, книга представляет интерес как попытка поставить новые проблемы, существенные для кибернетики, лингвистики, литературоведения и искусствоведения; исследования по этим вопросам ведутся со все большей интенсивностью во многих странах, что заставило редакторов внести в библиографию целый ряд дополнений (отмеченных звездочкой).

Существенным недостатком исследований, находящихся на стыке смежных наук, на первых этапах является схематизация, упрощенчество (часто намеренное, сознательное) в постановке и решении задач. Неизбежность этого обусловлена как стремлением к выявлению прежде всего принципиальных сторон исследуемых вопросов, так и особенно недостаточной изученностью, неразработанностью методов исследования, недостатком опыта. Все это, особенно на начальном этапе исследования, приводит к неспособности достаточно квалифицированно охватить весь комплекс изучаемых вопросов. В этом смысле предлагаемая работа А. Моля также не является исключением. В ней имеются неточности, встречаются искусственные теоретические построения, выводы из которых не согласуются с действительным положением в данной области исследования. В частности, это относится к методике вычисления количества информации, содержащегося в мелодии (гл. I, § 9). Поэтому книгу А. Моля, которая, несомненно, вызовет большой интерес широкого круга специалистов разных областей (как гуманитарных, так и естественно-научных), надо рассматривать скорее как серьезную попытку обратить внимание читателя на некоторые аспекты применения методов кибернетики и других точных наук (в первую очередь теории информации и моделирования на автоматических вычислительных машинах) к исследованию и оценке произведений искусств и их восприятия.

*Р. Зарипов
Вяч. Иванов*

Оглавление

О книге А. Моля «Теория информации и эстетическое восприятие» (вступительная статья)	5
Введение	27
§ 1. Общие замечания	27
§ 2. Психологический метод	29
§ 3. План книги	32
Глава I. ОВЩИЙ ОЧЕРК ФИЗИЧЕСКИХ ОСНОВ ТЕОРИИ ИНФОРМАЦИИ	
§ 1. Определение и классификация сообщений	35
§ 2. Сообщение и его элементы	40
§ 3. Примеры наборов	42
§ 4. Пропускная способность каналов связи	48
§ 5. Информация и оригинальность	50
§ 6. Мера оригинальности	57
§ 7. Пример применения: оценка оригинальности программ музыкальных концертов	64
§ 8. Другой пример: измерение «сложности» социальных групп	72
§ 9. Применение теории информации к исследованию нотных записей музыкальных произведений. Вычисление количества информации, содержащейся в мелодических модулях	74
§ 10. Следствия введения меры информации	78
§ 11. Максимальная информация, относительная информация и избыточность	83
§ 12. Количество информации в печатном тексте	85
§ 13. Различные определения кода	96
§ 14. Выводы	102

Глава II.	ПОНЯТИЕ ФОРМЫ В ТЕОРИИ ИНФОРМАЦИИ: ПЕРИОДИЧНОСТЬ И ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ СТРУКТУРЫ	
§ 1.	Теории формы и теории развертки	106
§ 2.	Ограничение скорости восприятия информации	109
§ 3.	Понятие о деструктивной форме информации. Сообщение, наиболее трудное для передачи	111
§ 4.	Формы и предсказание	117
§ 5.	Периодичность и предсказуемость	119
§ 6.	Феноменология восприятия периодичности	123
§ 7.	Выводы	129

Глава III.	НЕДОСТОВЕРНОСТЬ ВОСПРИЯТИЯ И ВВЕДЕНИЕ СИМ- ВОЛИЧЕСКИХ СТРУКТУР С ПОМОЩЬЮ ПАМЯТИ	
§ 1.	Форма и фон в сообщении	133
§ 2.	Понятие шума	134
§ 3.	Пределы восприятия материальных явлений	142
§ 4.	Эффективность символов и повышение уровня порогов	150
§ 5.	Функция запоминания и образование структур восприятия	154
§ 6.	Запоминание и информация	158
§ 7.	Выводы	163

Глава IV.	ЗВУКОВЫЕ И МУЗЫКАЛЬНЫЕ СТРУКТУРЫ. ЗВУКОВОЙ ОБЪЕКТ	
§ 1.	Критика теории музыки	167
§ 2.	Возникновение звуковой материи	170
§ 3.	Способы представления звуковой временной субстанции	174
§ 4.	Звуковой объект	179
§ 5.	Промежуточные структуры	189
§ 6.	Выводы	192

Глава V.	ИНФОРМАЦИЯ СЕМАНТИЧЕСКАЯ И ИНФОРМАЦИЯ ЭСТЕТИЧЕСКАЯ	
§ 1.	Об одном кажущемся парадоксе теории информации	195
§ 2.	Существование двух видов информации	199
§ 3.	Семантическая и эстетическая информации	201
§ 4.	Взаимосвязь структур в звуковых сообщениях	209
§ 5.	Разграничение двух типов информации	222
§ 6.	Мелодические макроструктуры	231
§ 7.	Взаимодействие между семантической и эстетической информацией и макроструктуры	235
§ 8.	Выводы	244

Глава VI.	СЛОЖНЫЕ СООБЩЕНИЯ И СТРУКТУРНАЯ ЭСТЕТИКА	
§ 1.	Сложные сообщения и их классификация	252
§ 2.	Структура сложных сообщений	255
§ 3.	Структурные законы сложного сообщения	263
§ 4.	Эволюция речитатива и понятность	267

§ 5. Переход от эстетики к феноменологии восприятия	273
§ 6. Выводы	274

Глава VII. ЗАКЛЮЧЕНИЕ. ФИЛОСОФСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ТЕОРИИ ИНФОРМАЦИИ

§ 1. Материальность связи	276
§ 2. Критика теории, изложенной в этой книге	280
§ 3. Основные результаты	283
§ 4. Методы экспериментальной эстетики	289
§ 5. Философское значение теории информации	293

Библиография

I. Основы теории информации	296
II. Общие вопросы теории информации	299
III. Теория языка	300
IV. Музыка и музыковедение	308
V. Эстетика	317
VI. Психофизиология слуха	324
VII. Вопросы психологии и философии	325
<i>Музыкальные иллюстрации. Каталог пластинок грамзаписи</i>	328
<i>Предметный указатель</i>	331
<i>Послесловие редакторов русского издания</i>	335

Абраам Моль

**Теория информации
и эстетическое
восприятие**

Редактор *В. Я. Фридман*
Художник *И. Б. Кравцов*
Художественный редактор *Н. А. Фильчагина*
Технический редактор *Е. С. Потапенкова*

Сдано в производство 31/VII 1965 г.
Подписано к печати 6/I 1966 г.
Бумага 60×90^{1/4}—11,0 бум. л.
22,0 печ.
Уч.-изд. л. 20,82. Изд. № 20/1338
Цена 1 р. 60 к. Заказ № 2888
Б. з. —69—65 г.— № 7

• • •

ИЗДАТЕЛЬСТВО «МИР»
Москва, 1-й Рижский пер., 2

• • •

Первая Образцовая типография
имени А. А. Жданова
Главполиграфпрома
Комитета по печати при
Совете Министров СССР
Москва, Ж-54, Валуевая, 28