



**Б.И. Кудрин, В.А. Седнев, С.И. Воронов**

**СЕМНАДЦАТЬ ЛЕКЦИЙ  
ПО ОБЩЕЙ И ПРИКЛАДНОЙ  
ЦЕНОЛОГИИ**

*МОНОГРАФИЯ*

Москва  
2020

УДК 351.86  
ББК 60.82  
К88

Кудрин Б.И., Седнев В.А., Воронов С.И.

**Семнадцать лекций по общей и прикладной ценологии:** монография. –  
3-е изд. – М. : РАН, 2020. – 218 с.

ISBN 978-5-907036-95-6

В монографии рассмотрены основы технетики – науки, которая играет для технической реальности роль, аналогичную биологии для органического мира. Сформулированы закономерности развития техники и технологий, имеющие всеобщий характер, позволяющие осуществлять управление хозяйственным механизмом, создать систему воздействия, реализующую проявление узловых точек научно-технического прогресса, обосновывать технические и технологические решения комплексного характера.

Это особенно актуально, учитывая, что перед Российской Федерацией в XXI веке поставлены проблемы, связанные с необходимостью инновационного развития, с изменением принципов инвестиционного проектирования и строительства. Внесение научной строгости в проблемы соотношения крупного и мелкого, массового и единичного, уникального и стандартизированного, современного и морально устаревшего при соблюдении ограничений, накладываемых предлагаемой теорией, обеспечит устойчивое развитие страны.

Монография полезна научному и профессорско-преподавательскому составу, различным категориям обучающихся, а также должностным лицам, занимающимся повышением эффективности инновационного и инвестиционного проектирования, энергообеспечением и ресурсосбережением, эксплуатацией и модернизацией предприятий, организаций, городов, регионов, управлением безопасностью экономики и территорий.

Рецензенты:

Степин В.С., академик Российской академии наук,  
доктор философских наук, профессор;

Дегерменджи А.Г., академик Российской академии наук,  
доктор физико-математических наук, профессор

ISBN 978-5-907036-95-6

© Кудрин Б.И., Седнев В.А., Воронов С.И., 2020

## Введение

«Современному российскому обществу нужны системные мировоззренческие исследования, – отметил Президент Российской Федерации В.В. Путин, а новому поколению – глубокие фундаментальные знания».

Действительно, окружающее изменилось и в течение последних нескольких лет стремительно и каждодневно меняется.

Покажем некоторые особенности действительности, которые фундаментально меняют мировоззрение и комплекс ранее полученных знаний.

В середине прошлого века в мире начал происходить переход от индустриального к постиндустриальному информационному обществу (сейчас говорят о глобализации), который характеризовался количественным взрывом изготавливаемого и качественными изменениями разнообразия выпускаемой продукции и применяемых технологий.

В 50-е годы XX века в промышленности и в 60-е годы XX века у населения (совпадая с массовым строительством) началось наполнение производства, сферы услуг и быта разного рода изделиями, использование различного оборудования.

При проектировании гигантов, их строительстве и эксплуатации, при техническом перевооружении металлургических заводов и предприятий других отраслей обнаружен и подтверждён статистически не только факт разнообразия (определённого в словаре «Глобализация» как ассортица), но и математически фиксируемая устойчивость самого явления. В простейшем случае это отношение количества штук электродвигателей  $U$  (*unus*) к количеству видов (типоразмеров)  $S$  (*species*) этих двигателей – повторяемость  $d=U/S$ ; для 100 тыс. обследованных машин отношение составило 4,6.

В марте 1971 года результаты в виде гиперболической зависимости  $U$  и  $S$  были доложены на конференции (г. Новокузнецк) и опубликованы. С этого времени на ежегодных конференциях по проблемам использования электротехнического оборудования и потребления электрической энергии факт существования видовой  $H$ -распределения подтверждался многократно.

Сейчас речь идёт уже о результатах обработки тысяч выборок и генеральных совокупностей, охватывающих миллионы единиц электротехнического и иного оборудования; об исследованиях за десятилетия общих и удельных расходов электроэнергии по цехам и предприятиям, отраслям и стране в целом.

Экспериментальное подтверждение практической результативности применения ценологической теории сотней кандидатских и десятком докторских диссертаций позволяет по-новому определять текущие и перспективные потребности в электроэнергии, решать вопросы нормирования и лимитирования, оценивать энергосбережение, эффективность систем эксплуатации и ремонта электрооборудования, организовывать менеджмент на новых основаниях.

Обнаруженное явление устойчивости видовой разнообразия и параметрического соотношения «крупное–мелкое» оформлено открытием закона информационного отбора. Закон концептуально опирается на энергетический и естественный отборы, а математически – на аппарат безгранично

делимых негауссовых распределений, предложенный Хинчиным, Колмогоровым, Гнеденко.

Особенностью, отличающей гиперболическое  $H$ -распределение от нормального, является теоретическое отсутствие математического ожидания (неприменимость среднего) и бесконечность дисперсии (ошибка при увеличении выборки не уменьшается, а растёт).

Основы (техно)ценологической теории включены в состав различных курсов разных вузов. В относительно полном виде курс лекций читался для студентов Московского энергетического института (специализация «Менеджмент в электрохозяйстве»). В полном виде теория использована при создании отраслевого информационного банка «Черметэлектро» и легла в основу изменения организации ремонта электрического оборудования и обеспечения материалами на Центральном производственно-техническом предприятии «Центроэнергочермет».

Международные ежегодные конференции по ценозам проходят с 1996 года. Интерес к поднимаемым проблемам привел в 2005 году к подготовке курса из семнадцати лекций по общей и прикладной ценологии.

Для специалистов различных отраслей с 2007 года начал издаваться трансдисциплинарный научный информационно-аналитический журнал «Общая и прикладная ценология», в котором были определены рубрики:

- Онтология и эпистемология сообществ;
- Хаос. Самоорганизация. Фрактальность;
- Математика негауссовых распределений;
- Универсальный (глобальный) эволюционизм;
- Геологическая ценология;
- Антропогенное ландшафтоведение;
- Археологические ценозы;
- Биоценология и биоразнообразие;
- Техногенез. Технетика. Техноценозы;
- Статистическая информатика, включая лингвистику;
- Социальные (экономические) ценозы и искусство;
- Ноосфера и нооценозы.

Общая и прикладная ценология приобрела статус трансдисциплинарной науки. Ценологические представления отражают многообразие стремительно меняющегося мира, которое порождается глобальной векторно направленной техногенной эволюцией, определяющей информационную и социальную реальности.

Ценология высвечивает проблемы, встающие и перед электротехникой, электроэнергетикой, электрикой, и предлагает принципиально новые оперативные и стратегические решения, обеспечивающие повышение эффективности генерации, передачи, распределения и использования электрической энергии.

В последние годы технические дисциплины адаптируют ценологическую теорию, сделав шаг, догоняющий мировую науку, где термины *хаос*, *самоорганизация*, *фрактальность* стали расхожими.

В монографии основные положения по общей и прикладной ценологии



рассмотрены применительно к электричеству и опираются на курсы, читаемые в ряде вузов, на изданные пособия и статистику.

В полном объеме теория и практика содержатся в изданиях «Электрификация металлургических предприятий Сибири» и «Ценологические исследования». Полное представление об общей ценологии дает также сайт kudrinbi.ru.

*Монография подготовлена авторским коллективом в составе:*

доктора технических наук, профессора Кудрина Бориса Ивановича;

доктора технических наук, профессора Седнева Владимира Анатольевича;

доктора биологических наук, профессора Воронова Сергея Ивановича.

## **Лекция 1. Электрические науки и постиндустриальный глобализирующийся мир**

Уже несколько лет говорят о гуманитаризации технического знания – как обязательного условия для более осознанного и правильного принятия управляющих технико-технологических, производственно-технологических (технетических) и управленческих решений менеджмента. Президент Российской Федерации В.В. Путин прямо сказал (июнь 2007 года), что нужны системные мировоззренческие исследования. Целью курса из 17 лекций является изложение нового мировоззрения, не сравнимого с видением бытия в XX веке.

Действительно, происшедшие кардинальные изменения требуют смены научной парадигмы; нового, принципиально иного взгляда на явления и процессы, протекающие в физической, биологической, технической, информационно-социальной реальностях; наконец, изменения цели существования личности и общества, определяющей все стороны человеческой деятельности. Речь идёт о новой научной картине мира, о законах сегодняшней действительности.

Как мифологически (и фактически) свидетельствует опыт нашей цивилизации, начало которой связывают с античностью, фундаментальные (да и другие тоже) научные открытия, определяющие затем ход развития науки и общества, возникают при стремлении дать ответы на причины простейшего, законного и известного как будто всем, но увиденного одним в момент как озарение: Ньютону на голову упало яблоко, Фарадей заметил отклонение стрелки прибора.

Появление современной науки связывают с Галилеем, который «увидел» инерционность. Это дало Ньютону основания сформулировать законы механики. Первый, гласящий, что всякое тело находится в состоянии покоя или равномерного прямолинейного движения, пока и поскольку оно внешними силами не будет понуждено изменить это состояние, не сразу был признан из-за 2000-летнего господства физики Аристотеля, которая утверждала, что равномерное движение требует силы, а идеальное – движение по окружности. Декарт, в частности, стоящий на этих позициях, десятилетия своим авторитетом сдерживал во Франции распространение физики Ньютона, пока Вольтер серией статей не показал ошибочность – в этой части – картезианства.

Механическая картина мира, дополненная электродинамикой Максвелла, стала классической, научно объясняющей, казалось бы, всё не только в физике, но и, например, в биологии или обществе. Важен факт, что по одним исходным данным и для одинаковых условий получается всегда однозначный результат, независимый от времени и от субъекта, выполняющего расчёт. Мир жёстко причинно может быть описан системой уравнений (законов) сейчас и в ожидаемом будущем, что позволяет восстановить всё прошлое (прошедшее).

Убеждение, что можно рассчитать всё, разбив на элементарные операции, составило основу менеджмента при его возникновении в начале XX века. Сейчас это убеждение, далеко не всегда правильное, всё ещё лежит в основе нормирования, распределения, контроля.

Но очевидное, что для участка электрической цепи, для которого известны напряжение  $U$  и сопротивление  $R$ , величина тока  $I$  определима и строго однозначна; что рассчитанный и построенный по одним чертежам электродвигатель – машина определённого вида, модели, марки, типоразмера – не отличается от другого, изготовленного по тем же чертежам, – становится не только неочевидным в процессе изготовления, но и в принципе не реализуемым!

Всегда есть некоторые индивидуальные отличия, которые обнаруживаются специальными методами. Тогда вводят паспорт, ГОСТ, иной документ, характеризующий некоторые обязательные параметры для этого вида техники, технологии, материала, продукции, отхода (всё вместе – это технетика), и указывают допустимые отклонения.

Сформулируем этот факт: мы можем всё строго по законам Ньютона–Максвелла рассчитать, но не можем точно рассчитанное сделать (осуществить). Действительность, оказывается, не укладывается в строгие рамки первой (классической) научной картины мира и требует перехода к вероятностным представлениям.

Человечество, знакомое со случайностью (по картам, лотереям и проч.), и его инженерный корпус легко воспринимают вероятностную картину мира. Ну, в сети не 220 В, а 215 В; не 7 л бензина на 100 км, а 9 л – при поездке в часы пик. Для человека, оказалось, достаточно знать, например, срок службы, наработку на отказ, пробег до капитального ремонта, другие специфические показатели именно этого вида техники.

И здесь следует обратить внимание ещё на один факт, который надо осмыслить. Например, медик, социолог, обращаясь к вероятностным моделям, стремятся получить математическое ожидание  $M[x]$  (среднее) и оценить величину возможных отклонений (дисперсию  $D[x]$ ) для вида в целом.

Всеобщность нормального (гауссового) распределения, оперирующего с  $M[x]$ ,  $\sigma=\sqrt{D[x]}$  и другими моментами, достаточная надёжность результатов применения математической статистики смазали концептуально вероятностную картину мира, сделав её, с практической точки зрения, не отличимой от классической. Это, как будет показано в лекциях, особенно относится не к простейшим (мёртвым) изделиям вроде столовых приборов, болтов, гаек, скрепок и др., подчиняющихся второму закону термодинамики, а к изделиям (трансформатор, холодильник, автомобиль), которые для своего функционирования требуют энергии, а также материального, информационного, социального обеспечения. Они локально противодействуют энтропии, стремясь к «самостоятельности» (автоматизации) и двигаясь в сторону интеллектуализации.

Фактически речь идёт о новой (второй) вероятностной постнеклассической картине мира, оформление которой связывают с дискуссией Эйнштейна и Бора. Революция в физике опиралась на простейшее, казалось бы, утверждение Эйнштейна, что любое тело при своём движении

не может превысить скорость света (Пуанкаре не «увидел» этого, хотя все формулы теории относительности впервые написал он). Радиоактивность, дифракция и интерференция, квантовая и волновая механика составили фактическую основу вероятностной картины мира.

Остановимся на тонкости, на которую мало обращают внимание. Гауссово распределение справедливо для случайных величин, принадлежащих множеству элементов одного вида (семейства): вес песчинок, рост человека. Если множество образуют элементы разных видов, то нормальное распределение действует лишь для этого конкретного вида, для другого – распределение имеет другие параметры. Так, каждый из типов 630-киловаттных двигателей СДН, ДА, АК, ДП имеет свою наработку на отказ, разброс по мощности, весу, пусковым характеристикам.

Теперь соберём множество электродвигателей из фактически установленных: 0,1 кВт ДАО; 0,9 кВт АОЛ; 9 кВт П; 90 кВт DOR; 900 кВт СДЗ; 9000 кВт СТМ (не приводя список остальных 60 тыс. шт., включая двигатели мощностью 30 МВт). На этом примере увидим простейшее: для такого множества (совокупности, сообщества) математическое ожидание отсутствует, среднее не имеет смысла (как средняя температура по больнице). Ошибка при выборке сколь угодно велика. Поскольку на производстве, в сфере услуг, в быту нас окружают именно такого рода сообщества, то встаёт вопрос об описании структуры и параметров подобных объектов, о негауссовой математике, о законах построения, функционирования и эволюции; наконец, об адекватном мировоззрении. Особенности его покажем применительно к электротехнике, электроэнергетике и электрике.

Открытия в физике в 1800–1830 годах, поиски технических решений в 1830–1870 годах превратили к концу XIX века электрическую технику в значимую отрасль техники и предопределили её становление как науки и отрасли промышленности, изготавливающей изделия.

Завершённости основ электротехники отразилась в установлении электрических единиц (CGS – 1881 г., SI – 1960 г.), характеристик переменного тока (1889 г.); системы символов и обозначений (1893 г.) и, наконец, в образовании Международной электротехнической комиссии (МЭК) (1904 г.).

Развитие электротехники, с точки зрения её влияния на электрику, может быть разделено на пять периодов (этапов).

На первом этапе (1800 год – начало 1870-х годов), включающем отдельные, более ранние исследования, происходило изучение действия электрического тока, был установлен ряд закономерностей в области электромагнетизма, проведены первые опыты по практическому применению электричества. Открытия в физике и возникновение изобретательской деятельности в электротехнике чаще шли независимо. Эмпирический поиск технических решений большей частью не вытекал из теоретических предположений. Появление первоначальных электротехнических знаний не было системным. Непосредственная теоретическая связь с физикой была жёсткой, т. е. электротехника рассматривалась как часть физики, и все опыты проводились физиками.

Электростатические генератор Отто фон Герике (1650 г.), конденсатор Эвальда фон Клейста (1745 г.), атмосферное электричество Б. Франклина

(1752 г.) и электричество Л. Гальвани (1791 г.) дали толчок к изобретению А. Вольта гальванического элемента (1799 г.) и исследованию накаливания проводников током (1800 г.). Это позволило предсказать появление электроосвещения и электротермии, изучить электролиз, гальваностегию и гальванопластику, открыть электрическую дугу (В.В. Петров, 1802 г.) и начать её применение для освещения, сварки, пайки.

Введение А. Ампером (1820 г.) понятия о направлении тока, наряду с исследованиями Ж. Био и Ф. Савара (1820 г.) по взаимодействию тока и магнитного поля, формулировка закона Ома (1827 г.) и законов Кирхгофа (1845 г.), работы М. Фарадея по вращению проводника с током (1821 г.), по электромагнитной индукции привели к появлению прообраза генератора (М. Фарадей, 1831 г.). Самовозбуждение машин, открытое В. Сименсом (1866 г.), изолирование провода шёлком (Дж. Генри, 1827 г.), применение кабеля со свинцовой оболочкой (Ф. Борель, 1879 г.) определили практическую ценность электрических исследований.

Теоретические основы электрической техники разработали физики, исследуя вопросы электромагнитной индукции, экспериментируя с электромагнитными и магнитоэлектрическими генераторами. На этом пути в 1838 году Э. Х. Ленц сформулировал принцип обратимости генераторного и двигательного режимов электрической машины, а в 1847 году обнаружил явление реакции якоря. Дж. Джоуль и Э. Х. Ленц в 1834–1844 годах сформулировали закон выделения тепла в проводнике с током. Теория колебательного разряда конденсатора создана В. Томсоном (1855 г.) и Г. Кирхгофом (1864 г.).

Второй период (конец 1870-х – начало XX века) характеризуется становлением электротехники как науки и превращением её в отрасль техники; приложением физических знаний в ходе формирования отдельных электротехнических теорий. На Первом Международном конгрессе электриков (1881 г.) определены и получили наименование: вольт, ампер, ом, кулон, фарад. На Втором (1889 г.) – определены характеристики переменного тока; приняты единицы: джоуль, ватт, десятичная свеча. На Третьем (1891 г.) – рассматривали развитие многофазных систем. На Четвёртом (1893 г.) – приняты эталоны электрических единиц измерения; обсуждена система символов для обозначения различных электрических величин.

Открытие явления вращающегося магнитного поля (Г. Феррарис, 1885 г.), изобретение трансформатора (И. Ф. Усагин, 1882 г.), трёхфазного трансформатора и асинхронного двигателя (М. О. Доливо-Добровольский, 1888 г.) определили практическую возможность использования электричества. Статьей «Электромеханическая работа» Д. А. Лачинова в «Электричестве» (1880 г.) отмечено формирование электропривода как самостоятельной науки.

Это логично связало учение об электричестве с механикой и физикой. В электрической науке и технике было достигнуто то единство, которого не было в других областях практической деятельности. Организационное оформление мировой электрической науки и техники произошло, когда на Седьмом Электрическом Конгрессе (1904 г.) приняли резолюцию об образовании Международной электротехнической комиссии. К началу XX века

были созданы основы теоретической электротехники – фундамент электротехнической промышленности.

В теории второй этап открывается 1873 годом, когда Дж. Максвелл опубликовал систему уравнений электромагнитного поля, связав электрические и магнитные явления и тем самым объяснив явление электромагнитной индукции, открытое Майклом Фарадеем, включая напряжённость  $E$  электрического поля и магнитную индукцию  $B$ .

$$\sum_{i=1}^n (F_i - m_i w_i) \delta r_i = 0 \quad (1.1)$$

где  $m$  – масса материальной точки,  $w$  – её ускорение под действием силы  $F$ ;  $\delta r_i$  – векторы возможных перемещений точек системы, которые сохраняют для всякой замкнутой механической системы энергию  $A$ , импульс  $P$ , момент  $M$ ; вместе с формулой Лоренца:

$$F = qE + qvB \quad (1.2)$$

где  $v$  – скорость точечного заряда  $q$ .

Законы Ньютона–Максвелла могут быть выведены из принципа наименьшего действия, утверждающего, что фактически происходящему движению системы соответствует экстремальное значение интегрального выражения, обладающего размерностью произведения энергии на время и называемого функционалом действия.

Третий период (1890–1930-е гг.) характеризуется бурным количественным ростом разнообразного электротехнического оборудования, развитием электроснабжения (в понимании «большой энергетики») и широкой электрификацией (в смысле плана ГОЭЛРО). Завершаются формирование фундаментальных разделов электротехнических знаний и становление электротехники как технической науки, с собственным исследовательским аппаратом (теоретические основы электротехники [ТОЭ]), своей дисциплинарной структурой, системой образования, определённой дистанцированностью от физики, математики, философии. Были решены проблемы передачи электроэнергии на расстояние, разработаны промышленные типы трансформаторов. Этап характеризуется и рождением электроэнергетики, как науки и области практической деятельности, сформировавшейся в 1870–1930 годах. В 1924 году был образован МИРЭК (сейчас – Мировой энергетический совет, который наряду с СИГРЭ решает проблемы «большой энергетики»).

В Англии были введены первые Правила устройства электроустановок (1882 г.). Г. Феррарис ввёл понятие коэффициента мощности (1884 г.). А.Э. Кеннелли получил зависимость между сечением проводника и длительно допустимым током нагрузки (1889 г.). Р. Кромптон впервые применил понятие коэффициента спроса при определении электрических нагрузок (1891 г.). П. Бушери установил конденсаторы для компенсации реактивной мощности (1898 г.). В. Петерсен предложил систему компенсации емкостных токов замыкания на землю (1917 г.).



Успехи электротехники послужили технической основой плана ГОЭРЛО (1920 г.) и решения об индустриализации страны (1926 г.). Одновременно создавалась система проектных институтов, не разрабатывавших отдельные изделия (машины), но проектировавших заводы, производства, цеха в целом и различные хозяйства, в том числе электрическое, которое сразу начало проявлять ценологические свойства.

Этап завершил десятый Международный Электротехнический Конгресс (1932 г.), который подвёл итоги развития электротехники за 50 лет и зафиксировал триумфальные шаги электрической техники, но не предложил, в отличие от предыдущих, новые концепции. Конгресс не увидел надвигающегося постиндустриального (информационного) общества, рождению которого в немалой степени и способствовала электротехника.

Таким образом, из рассмотрения электротехнической науки того времени выпали:

- постановка вопроса о последующей установке (размещении) изготовленной единицы электрооборудования у конкретного потребителя электротехнической продукции;
- вписывание изготовленного в инфраструктуру (инвестиционное проектирование);
- организация монтажа, наладки, эксплуатации, обслуживания, электроремонта;
- решение вопросов материального, энергетического, информационного, социального и иных видов обеспечения составляющих электрического хозяйства.

Четвёртый период (30-е – 80-е годы XX века) характеризуется успехами индустриализации страны, её завершением, застоем, технологическим отставанием страны по параметрам и качеству выпускаемой продукции.

С неизбежностью появилось электрическое хозяйство (состоялось рождение и становление электрики – как науки и сферы практической деятельности по использованию электричества). Характеристика этапа иллюстрируется одиннадцатым Конгрессом (ВЭЛК–77, Москва). Он собирался в технически изменившемся мире, но не увидел надвигающегося диктата потребителя, не рассмотрел проблемы построения и обеспечения эффективного функционирования электрического хозяйства потребителей. Однако была продемонстрирована ключевая роль электротехники для цивилизации. Технической основой этапа явилось создание силовой электроники (1948 г. – изобретение транзистора, 1956 г. – создание тиристора).

Наконец, пятый этап (конец 80-х годов XX века и по настоящее время) – вступление страны в постиндустриальное информационное общество, отличительная особенность которого – глобализация рынка электротехнической продукции. Электротехника обеспечила электроэнергетику продукцией, которая дала возможность интеллектуализировать генерацию, передачу, преобразование, распределение и сбыт электрической энергии. Для отраслей промышленности и быта отдельный электропривод, термическое или иное электротехническое устройство (изделие) превратились в электротехнический комплекс, неразрывно связанный с другими электротехническими изделиями, опоясанный датчиками, принимающими реше-

ния микропроцессорами. Количество видов (наименований, типоразмеров, типоразмеров, марок, моделей) выпускаемых в мире электротехнических изделий уже практически бесконечно и не может быть представлено одним каталогом и зафиксировано.

Всероссийский электротехнический конгресс «ВЭЛК–2005» обсуждал основные направления теоретической и практической электротехники: теоретическая электротехника, электроэнергетика, электромеханика, электропривод, электрические аппараты, электротехнология, электротехнические системы транспорта и космической техники, светотехника, электротехнические материалы и кабели, силовая информационная электроника, электроизмерительная техника.

Важно, что теоретические основы электротехники сохраняются как самодостаточная наука, которая обобщает результаты теоретических и экспериментальных исследований всех частных электротехнических дисциплин, опираясь на свои фундаментальные представления, восходящие к Ньютону–Максвеллу, и изучая тела (поля) и движения (траектории) в пространстве безграничном, абсолютном, однородном, изотропном, где время выражает длительность в рамках обратимых уравнений механики и электродинамики.

Первоначально электротехника и электроэнергетика не разделялись, а воспринимались как единая электрическая наука и техника. До XX века не выделялись как объект научных исследований и потребители электрической энергии: во-первых, из-за скудости количества электрооборудования у отдельного потребителя (абонента); во-вторых, установка и эксплуатация отдельной лампочки, нагревателя, электродвигателя не были сложными.

Рождение электроэнергетики неразрывно связано с планом ГОЭЛРО, который отражал достигнутый уровень электроэнергетических знаний и включал следующие положения:

- строительство социалистического хозяйства идёт поединому государственному плану;
- индустриализация опирается на опережающее развитие тяжёлой промышленности;
- производство средств производства опережает производство средств потребления;
- производство концентрируется, сооружение промышленных комбинатов осуществляется на базе энергетических центров;
- промышленность географически перемещается, а строительство городов (городских районов) осуществляется на базе градообразующих предприятий;
- электрификация развивается опережающими темпами при концентрации мощностей и централизации электроснабжения.

Курс на централизацию и гигантизм получил завершение созданием Единой электрической системы. Всё дальнейшее развитие электроэнергетики исходило из необходимости «централизовать энергию всей страны». Можно выделить три этапа реализации ГОЭЛРО:

первый этап связан с созданием заводских ТЭЦ, подчинённых Наркомату энергетики, и государственных районных электростанций (ГРЭС);



второй – с созданием единой энергосистемы и организацией в каждой области собственной энергосистемы;

третий – с правом выдавать технические условия на присоединение и запрещением потребителям строительства собственных генерирующих мощностей.

Реализовался полный монополизм электроэнергетики.

Мы же говорим в одном лице и о потребителе электротехнической продукции, и о потребителе электрической энергии, и рассматриваем электрическое хозяйство как совокупность (сообщество – технический ценоз; от греч. – *coenose*; фр. *cénose*; англ. – *cenosis*) установленных и резервных электротехнических установок, электрических и неэлектрических изделий, не являющихся частью электрической сети (цепи), но обеспечивающих её функционирование (эксплуатацию и ремонт); электротехнических и других помещений, зданий, сооружений, конструкций, которые эксплуатируются электротехническим или подчинённым ему персоналом; людских, вещественных и энергетических ресурсов, организационного и информационного обеспечения, которые необходимы для жизнедеятельности электрического хозяйства как выделенной целостности (ценоза).

Определение электрического хозяйства позволило выделить обширную область экономики, называемую далее *электрикой*: с одной стороны, это электротехника, т. е. электрооборудование производств и цехов, прочих государственных и частных объектов, с другой – это электроэнергетика промышленности и транспорта, объектов строительства и агропрома, коммунально-бытовых, спортивных, объектов культуры, науки, обороны.

Электрика, как научное направление и область практического приложения, отличается от электротехники и электроэнергетики тем, что она использует лишь готовые изделия и произведённую электроэнергию, транспортируемую субъектами электроэнергетики до потребителя (предприятия).

Далее различаем уровни системы электроснабжения:

*первый уровень (1УР)* – отдельный электроприёмник, станок, установка;

*второй уровень (2УР)* – шкаф, щит, сборка, шинопровод, распределительный пункт 0,4 кВ;

*третий уровень (3УР)* – трансформатор 10(6)/0,4 кВ;

*четвертый уровень (4УР)* – распределительная подстанция 10(6) кВ;

*пятый уровень (5УР)* – главная понизительная подстанция (глубокого ввода, опорная) ГПП, ПГВ, ОП;

*шестой уровень (6УР)* – граница раздела предприятия с энергосистемой, точнее (сейчас) – с территориальной сетевой организацией субъекта электроэнергетики.

На первом этапе каждое отдельное изделие – штука (особь) электрического хозяйства – неизбежно выделялось специалистами электропривода и электроснабжения. Большая сложность и большая технологическая ответственность объективно отдавали большее предпочтение электроприводу. Электроснабжение, в нашем сегодняшнем понимании, отсутствовало: от ТЭЦ, ещё не связанной с энергосистемой, высоковольтные кабели заходили на коммутационный пункт, управляющий единичным высоковольтным

двигателем или включающий маломощный трансформатор 6(3)/0,4 кВ. ТЭЦ была одним из таких режимных объектов.

Общее развитие энергетики привело к пониманию, что промышленная энергетика есть новый специфический объект, по назначению и функциям отличающийся от «большой» энергетики. Это привело к организационным изменениям, когда в 1944 году Государственный комитет обороны установил, что «на всех промышленных предприятиях, потребляющих электрическую мощность от 1000 кВт и выше, создаются отделы главного энергетика, непосредственно подчинённые главному инженеру, а на предприятиях и в трестах, потребляющих электрическую мощность от 3000 кВт и выше, главный энергетик впредь будет являться заместителем главного инженера предприятия или треста».

Обратим внимание на исторический факт, заключающийся в дроблении электрического хозяйства (электрики) на самодостаточные разделы (прежде всего – электропривод, электротермию, электротранспорт, электроосвещение) и в физической незначимости внутризаводского электроснабжения как объекта (лишь в середине 1930-х годов стали говорить о малых подстанциях и цеховых схемах).

Между потребителем, использующим в пределе одну лампочку, и крупным заводом есть не только количественные, но и качественные ценологические отличия, не описываемые теоретическими основами электротехники. Завод, распределивший в 2004 году 360 МВт, имеет сеть, включающую 10 900 км силовых кабелей; всего проводов и кабелей всех видов – около 50 тыс. км. На крупнейшем в отрасли Магнитогорском металлургическом комбинате эксплуатировалось 117 111 шт. электродвигателей средней мощностью 48,4 кВт; трансформаторов I–III габаритов – 2626 шт.; IV габарита и выше – 165 шт. средней мощностью 28 500 кВА; высоковольтных выключателей – 6136 шт., свыше 1,5 млн ед. низковольтной аппаратуры, 3 млн светильников.

Общая оценка количества электротехнических изделий, блоков, узлов, деталей, комплектующих, простейших и иных изделий, материалов, конструкций, узлов, каждое из которых содержалось на чертеже, в спецификации, локальной смете, заказывалось, выделялось как отдельная единица, составляет  $10^{10}$ .

Если рассматривать крупное предприятие в целом, то общая оценка составляющих –  $10^{11}$  элементарных изделий, единиц, штук (особей). Это – практическая бесконечность.

Конкретные исследования технической и информационной составляющих объектов электрики показали, что ценологические зависимости, описывающие разнообразие и соотношение «крупное–мелкое», действуют и на вполне обозримом количестве штук-особей: если в выделенной целостности, состоящей примерно из 100 элементов, можно провести классификацию по видам, то этих видов около 10. Так, в Казахстане была установлена 161 турбина, они оказались 52 видов (типоразмеров). В СССР существовала 131 штука доменных печей 49 видов. Главных приводов прокатных станов на Магнитке в 1974 году было установлено 490 штук, оказавшихся 187 видов.

Укажем на ценологические свойства электрического хозяйства.

Во-первых, электрическое хозяйство нельзя взять и отдельно выделить, осмотреть; физически (подобно электродвигателю или лампочке) оно не выделяемо. Границы его конвенционны:

а) они устанавливаются на договорной основе (юридически по схеме электроснабжения по границе балансовой принадлежности; но по ремонту – совсем иные);

б) границы электрического ценоза не совпадают с границами технологическими и границами других хозяйств (теплосилового, в частности), с границами по генплану, кадрам, медицинским и другим видам обслуживания. Это не нечёткие (или размытые) множества Заде, здесь не применимы интервальные оценки. Ценоз задаётся семантически-словесным описанием и набором показателей.

Во-вторых, электрическое хозяйство, как ценоз, характеризуется слабыми связями (корреляционно незначимыми) и слабым взаимодействием (опытно неопределяемым и статистически недоказуемым). Представим матрицу  $n_{ов} \times n_{ов}$ , по числу строк (столбцов) равную количеству установленных двигателей. Коэффициенты загрузки, использования, одновременности, спроса, максимума, режимы работы в целом и др., составляющие основу представлений для системы внутризаводского электроснабжения и, например, системы планово-предупредительного ремонта электрооборудования, должны значимо отыскиваться по такой матрице. Но оказалось, что для абсолютного большинства пар матрицы коэффициент парной корреляции по режимам работы близок к нулю (во всяком случае, статистически незначим). Это, естественно, не относится к режиму исчезновения напряжения, например). Анализируя такую матрицу, можно было бы говорить об отсутствии связей. Но нет: они связаны единым менеджментом, системой планово-предупредительного ремонта, технологическими заказами, погодой, социальными характеристиками персонала.

Так мы приходим к утверждению, что каждый ценоз индивидуален. Специалист, изучающий структуру электропотребления и оборудования для удовлетворения индивидуальных предпочтений потребителя, должен руководствоваться двумя важнейшими ценологическими свойствами: неприменимостью среднего и возможностью сколь угодно большой ошибки в точке.

Это, подчеркнём ещё раз, принципиально отличается от концепции ТОЭ, где все теоретические положения, вытекающие из решения уравнений Максвелла, и практические результаты, полученные, опираясь на теоретические основы электрической техники, разрешаются алгебраическими и дифференциальными уравнениями или их системами. При наличии одних и тех же исходных данных решение полностью и однозначно определяется конечным набором параметров в рассматриваемый момент времени как для тел (полей), так и для движения (траектории).

Специфика же электрических сетей и систем электроэнергетики, помимо конструктивной части, проявляется при анализе установившихся режимов и переходных электромеханических процессов.

Вводится понятие *статических характеристик* элемента или подсистемы (узла) энергосистемы, под которым понимают зависимости между

их параметрами режима (координатами) при статическом изменении этих параметров (таком их изменении, при котором режим не отклоняется от установившегося). Часть параметров режима обычно поддерживается неизменной.

Наиболее широкое применение при анализе режимов получили статические характеристики в виде зависимостей мощностей от напряжения и частоты. Эти формы характеристик предопределяют зависимости между параметрами режима по первым их гармоникам или по эквивалентным синусоидам. Следовательно, уравнения состояния сетей и систем рассматриваются как приближённые конечные уравнения, в результате решения которых получают действующие значения первых гармоник или эквивалентных синусоид параметров режима.

Наиболее общим методом количественного исследования переходных процессов в электрических сетях и системах является метод численного интегрирования системы дифференциальных уравнений, который даёт возможность решать задачу динамической устойчивости, куда входят: анализ характера и расчёт всех или части параметров режима при переходе системы от одного процесса и режима к другому; собственно расчёт динамического перехода от одного начального установившегося режима к другому – новому установившемуся режиму, наступающему при случайном отключении части элементов системы (отключении группы генераторов, линии передачи, нагрузки и др.) или отключении их после аварии (обычно короткого замыкания в каком-либо из этих элементов); определение изменений тока, частоты и других параметров режима. Расчёты во всех указанных случаях проводят с учётом основных нелинейностей, существенных для данной задачи, динамических характеристик.

Таким образом, при управлении переходными процессами на первое место выдвигается вероятность отклонения параметров управляемого режима от тех, которые признаны оптимальными. Веников В.А. правильно писал: «Режим работы электрической системы во многом определяется случайными явлениями... Переходные электромеханические процессы при больших случайных возмущениях в системе описываются вероятностными закономерностями... Можно различать вероятно-определённый характер процессов, когда для определяющих их случайных величин точно известны вероятностные характеристики».

Налицо различие концепций ТОЭ и электроэнергетических систем (ЭЭС) как в общетеоретической постановке, так и в решении собственных специфических задач.

В частности, статические характеристики, при всей кажущейся строгости, не могут дать однозначный результат (как это достигается при пользовании формулами ТОЭ для электрических цепей).

Электротенетическая система задаётся (определяется) некоторым усреднённым значением, восходящим к математическому ожиданию нормального распределения, отклонения от которого инженерно определяемы и могут быть приемлемы по дисперсии.

Изложенное позволяет сделать вывод, что электрические сети и системы (энергетика в целом) имеют дело с процессами и системами как абстрактными (идеальными) объектами исследования и управления.

Расчёты режимов, оценка устойчивости и результатов функционирования опираются, не забывая ТОЭ, на теорию вероятностей и математическую статистику, кибернетику, теорию больших или сложных систем, системный анализ, исследование операций, технический анализ, на многокритериальную оптимизацию.

В качестве общего вывода нами защищается специфика каждой из крупных частей электрической науки и электрической практики:

- изготовление электротехнической продукции;
- генерация, передача и распределение электрической энергии;
- применение электротехнической продукции и использование электроэнергии.

#### *Контрольные вопросы*

1. Почему сейчас встал вопрос о новом мировоззрении?
2. Какова главная особенность первой научной (классической) картины мира? И где границы её применимости?
3. Прокомментируйте, применительно к сегодняшнему дню, положения плана ГОЭЛРО.
4. Укажите количественные характеристики основного оборудования систем электроснабжения и электрооснащения конкретной (вашей) квартиры.
5. Каковы особенности применения вероятно-статистической (второй постнеклассической) научной картины мира применительно к электрическим сетям и системам субъектов электроэнергетики?
6. Каковы особенности определения границ электрического хозяйства, специфика связей и взаимодействия элементов между собой?

## Лекция 2. Основные (электро)ценологические понятия

Ключевыми для начала ценологического исследования структуры электрооборудования и электрических сетей и менеджмента объектов электрики, как нового вида деятельности, являются одномоментные, одно без другого немислимые, понятия (выделения):

- 1) собственно *ценоза*;
- 2) *семейства* далее неделимых элементарных *единиц-особей*;
- 3) *вида* (технического).

Все три мыслительных действия концептуальны. Практическая реализация ставит вопрос о единообразии и однозначности понятий, определений, терминов и стандартности математических процедур, что позволит сравнивать результаты, полученные в различных технических науках, и сделать вывод об области применения ценологической методики.

Ценологический подход вызван возрастанием сложности всех процессов и систем, которые создаёт и использует человек, и возникающими при этом новыми проблемами. Одной из них, имеющей многочисленные следствия, является быстрое возрастание разнообразия выпускаемых устройств или, точнее, сосредоточение в замкнутых системах, например на крупных промышленных предприятиях, большого количества родственных, но разнотипных устройств, обеспечивающих деятельность системы.

Такое разнообразие приводит к увеличению расходов на производство, эксплуатацию, ремонт, к увеличению запасов и др.

Разнообразие было не всегда, хотя всегда было стремление к отличию: оно – дитя индустриализации. Ещё в XIX веке в пределах жизни одного поколения мало что происходило в вещном окружении: наши прадеды имели, если вообще имели, один костюм, одну работу и не выбрасывали обувь или мебель как немодную.

**Технический вид и особь.** Рассмотрим это ключевое понятие на конкретном примере.

Определим *вид* (*типоразмер*) электрической машины его численной и качественной характеристиками: величиной номинальной мощности и наименованием типа. В этом случае к одному типоразмеру, образующему группу – *популяцию*, будут отнесены электрические машины с разными габаритными размерами, числом оборотов, исполнением и др. Синонимами понятия типоразмер будем считать понятия: *species*, биологическое – *вид*, математическое – *группа*. Отдельную электрическую машину будем называть «электродвигатель», соотнося с понятием *unus* («особь», «единица»), *элемент*, далее неделимыми из-за угрозы потери работоспособности.

Под *элементарным* (*восходящим к понятию атом*) подразумеваем определённую неделимость: элемент – единица – штука – особь – индивид – индивидуальность. Налицо некоторое смысловое изменение значения «*элементарного*» в сторону большей содержательности: элемент-то элемент, но не совсем элементарен – есть ещё свойства, которые следует учитывать. Как элемент при ценологических исследованиях в технических приложе-



ниях (науках) могут рассматриваться: гвоздь, болт, крыльчатка, подшипник, вал, двигатель, редуктор, агрегат, кран, рабочая клеть, прокатный стан, прокатный цех, прокатное производство, прокатный завод, прокат страны, мировое производство проката (здесь проявляется спектр уровней организации, гносеологически связанный с понятиями *различать* и *выделять*).

В общей постановке вид является одним из ярких примеров объективного существования в природе некоторого явления, не данного нам в чувственно-воспринимаемой форме. То же относится и к техническому виду. В процессе научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок (НИОКР) начинают разрабатывать какой-то новый вид продукции, и возникает вначале некоторый идеальный образ нового электродвигателя, трансформатора, автомобиля. Затем образ конкретизируют заданием основных параметров, выполнением конструкторской документации, сводной спецификации. Вместе с началом НИОКР возникает вопрос о названии – это и есть констатация, что создаётся новый вид (Т-34; Ту-104; Ту-154; «Жигули» с добавлением номера модели). Наконец, готова документация на изделие-машину, на её технологию и оснастку при изготовлении, на используемые материалы, испытание, контроль, приёмку, что и даёт возможность изготовить опытный образец.

**Внимание!** Материализовавшейся идее необходимо дать номер, чтобы отличить изготовленное изделие от другого, изготовленного по тем же чертежам (крупным изделиям, изготавливаемым без опытных образцов, сразу даётся имя собственное, например, «Титаник»). Итак, конструкторы разрабатывают *вид*; изготовители «порождают» *особи* данного вида, различая их номером в паспорте; эксплуатационники имеют дело только с отдельными особями, но именно они вырабатывают коллективное мнение (на основе независимых друг от друга мнений) «хорошо/плохо» *о виде в целом*\*.

Наряду с ростом числа видов резко усложнилось обозначение изделий. Пример: тип УК-4Н-УР-ц-2-01-6/250-У4 ТУ 16.539.548–72. Не каждый специалист-электрик скажет, что это удлинитель с тремя основными и одной резервной розетками, предназначенными для присоединения различных электрических приборов бытового назначения. Или одеяло «Гоби» – артикул BO5c101 по ГОСТ 93827-78 п. 1.9 и ГОСТ Р 51121–97.

Так мы приходим к выводу, что устройство изделия «генетически определяется» до его рождения и задает само рождение, последующую эксплуатацию (жизнь), экологические и другие ограничения. Налицо тенденция «загнать» в обозначения вида как можно больше информации (хотя есть документы, ограничивающие эту тенденцию). Запись осуществляется различными символами (включая алфавит) и обозначает не приведённую в паспорте документацию: нормативную, ссылки и указания на типовое, различные ГОСТ и ТУ на сам вид изделия и на составляющие. Всё это

---

\*При этом надо различать, идёт ли речь о семействе, например, машин Волжского автозавода, о виде – «девятке» или о конкретной штуке-особи.

составляет *генотип* изделия – документальную запись его конструкции; запись, которая опирается на действующие документально закреплённые знания и на наследуемые многовековые знания, умения, навыки.

Пример: программный идентификатор для контроллера Excel 500-XCL5010 имеет обозначение 8 0000C 5200 03 04 19, где формат 8 показывает, что устройство успешно прошло сертификацию LonMark; идентификатор производителя 0000C – Honeywell; класс устройства 5200 – свободно программируемый контроллер; применение (назначение) 03 – коммерческое; тип передатчика (канала) 04 – TP/FT-10; модель 19 – это, собственно, и есть вид.

Итак, *генотип* – это то, что задумывалось (в соответствии с первой научной картиной мира). При изготовлении имеем конкретную особь, *фенотип* – то, что получилось, видимое проявление генетической документации, реализованный комплекс признаков, характеризующих данную особь, включая отклонения при изготовлении, монтаже, наладке, не предусмотренные генетически. Таким образом, каждый отдельный двигатель является, с одной стороны, фенотипом, особью, созданной как конкретный результат информации, заложенной в конструкторских чертежах (генетическая, наследственная информация), с другой – представителем данного вида, попавшим в конкретный *ценоз* (на предприятие), в популяцию двигателей того же вида.

Изделие в ценозе сохраняет своё видовое обозначение, но как особь может получить номер, а затем его и поменять (как гражданский паспорт). Вот пример электронного паспорта изделия умного дома (интеллектуального здания): марка – VTS clima; размещена – блок А; обслуживание – 1 раз в год; инв. № 060143.

Возвратимся к основному объекту наших исследований – электрической машине (электродвигателю), так как это есть *семейство* наиболее массово распространённой электрической техники. Пример 1971 года – вид 28А: двигатели А71-2, А72-4, А81-6, А82-8 отнесены к этому виду, хотя и различаются габаритом, сердечником, числом пар полюсов обмотки статора, но имеют одно наименование – А, одну мощность – 28 кВт. Видом назовём численную (величину номинальной мощности, кВт) и качественную (наименование – асинхронный с короткозамкнутым ротором, залитым алюминием, единой серии электрический двигатель в брызгозащищённом А или закрытом обдуваемом АО исполнении) характеристики машины. Усложнение наименования (обозначения), происходившее непрерывно последние 80 лет, не меняет существа, заключающегося в 1) оперировании этим понятием всеми людьми и 2) трансформации понятия при изменении цели исследования и потребностей практики.

Итак, *технический вид* – основное понятие классификации, служащее для выражения отношений между техническими классами при разбиении их на семейства и роды.

Это структурная единица в систематике изделий: изделия двух разных видов отличаются количественной и обязательно качественной характеристиками; изделия одного вида изготавливают по одной проектно-конструкторской документации.



К общим признакам вида относятся: определённая численность; тип организации; способность в процессе работы и воспроизводства сохранять качественную определённую; дискретность; экологическая, экономическая и географическая определённая; устойчивость; целостность (в отдельных случаях не различают вид и такие понятия, как: наименование, название, типоразмер, проба, модель, сортament, марка, артикул, профиль и др.).

Предлагаемое понятие *вида* используется в практике проектирования электрического хозяйства, эксплуатации электрооборудования и его ремонта, хотя и не является исчерпывающим. Однако из-за наличия и необходимости рассмотрения большого количества фактического материала, из-за различия взглядов, например, на заменяемость (механический и обмоточный участки; предприятие и снабженческие организации), требует уточнения, определяемого конкретной деятельностью. Понятие *вид* должно быть сформулировано для описания техноценозов, сукцессии экосистем, другими словами – для описания техноэволюции.

**Популяция в экосистеме.** Уже более 150 лет сам термин *эволюция*, интерес к которой связан с Дарвином, используется в биологии для обозначения процессов исторического развития различных живых организмов.

Важным в развитии теории эволюции явился переход от организмоцентрического стиля мышления к популяционно-статистическому. Изменение стиля связано с преодолением идей лапласовского детерминизма, с внедрением в науку вероятностного подхода, идей кибернетики и системных взглядов. Ранее закономерности развития видов отождествлялись, сводились к закономерностям развития *особей*. Популяционистская концепция предполагает, что наименьшей единицей жизни, способной к эволюции, и специфическим её носителем является *местная популяция*, т. е. часть населения вида, устойчиво заселяющая определённую территорию и имеющая численность, достаточную для надёжной работы отбора.

Множество установленных на предприятии электрических машин обеспечивает функционирование предприятия и образует единое структурное целое, характерное для ограниченного пространства, в котором сложились определённые условия, меняющиеся под действием внешних и внутренних факторов. Изложенное соответствует сложившимся понятиям в экологии (от греческого *oikos* – дом, место проживания), которая посвящена изучению взаимоотношений живых организмов (растительных или животных) со средой; это изучение имеет целью выявить принципы, управляющие этими отношениями.

В начале 70-х годов XX века было обращено внимание на аналогии структурных закономерностей в биологии и технике. Но биологи увидели эти законы на 100 лет раньше. Ещё в 1877 году К.А. Мёбиус предложил термин *биоценоз* (англ. *community*), справедливо полагая, что лягушка живёт не сама по себе и её, как часть биоценоза, изучать в данном случае надо не так, как это делал Гальвани, и не анатомически. Этим Мёбиус ввёл основной объект для *экологии* (термин введён Э.Г. Геккелем в 1866 году). Индустриализация актуализировала, точнее, сделала, экологию наукой (сейчас предложено около 20 различных пониманий, что такое экология).

Её развитие привело А. Тенсли к термину *экосистема* (1935 г.), В.Н. Сукачёва – к термину *биогеоценоз*, к появлению в нашей стране *биогеоценологии* как науки (сейчас она считается частью экологии, которая в классическом понимании изучает взаимодействие организмов между собой и с окружающей средой). К сожалению, лишь сейчас (и то с трудом) техническая общественность начинает понимать огромное практическое значение технoценoлогического подхода.

Понятие *экосистема (биогеоценоз)* обозначает свойственную определённым условиям физической среды и характерную для реального географического пространства совокупность растений и животных, связанных между собой тесными взаимоотношениями. Эта совокупность производящих и потребляющих растений и животных, в результате длительного развития при воздействии соответствующих физических факторов, обладает высокой степенью динамической устойчивости (экологическим равновесием).

Отдельные виды «живут» во вполне определённых, отличных друг от друга, условиях. Но появление, сохранение или исчезновение вида (популяции) в целом свидетельствуют о наличии объективных законов, способствующих либо появлению, либо сохранению, либо исчезновению вида. Общепринятая точка зрения: чем больше число видов в природе, чем они разнообразнее, тем выше её помехоустойчивость, устойчивость к любым внешним воздействиям. Это же относится к технической, информационной и социальной реальностям.

Используя общие направления системотехники и сложившиеся определения, будем при рассмотрении вопросов технoэволюции считать, что *экосистема* есть совокупность взаимосвязанных видов, рассматриваемая как единое структурное целое и характерная для ограниченного пространства, в котором сложились условия, меняющиеся под действием внутренних и внешних факторов.

Для дальнейшего сравнения био- и технoэволюции сведём в таблицу основные термины, имеющие черты общности (табл. 2.1).

Таблица 2.1

Основные термины описания параллелизма био- и техноэволюции

Определение понятия	Наименование	
	биологическое	технологическое
Самостоятельно функционирующая единица	организм особь вид	изделие особь вид (типоразмер)
Элементарная единица эволюции, группа особей одного вида организмов, занимающая область пространства с определёнными границами	популяция	популяция
Ограниченное в пространстве и времени любое единство, включающее все популяции (все организмы [изделия])	биоценоз, биотическое сообщество	техноценоз
Сообщество и неживая среда (физико-химические факторы), функционирующие совместно и рассматриваемые как единое; взаимосвязанный комплекс организмов, характерных для известных геофизических условий	биогеоценоз (геобиоценоз), экосистема	экосистема
Направленное постепенное и закономерное изменение популяций в ряду поколений	эволюция	техноэволюция
Материальный объект, содержащий закреплённую информацию и предназначенный для её передачи и использования	ген	документ
Устройство изделия, генетическая конституция, записанная с помощью символов; совокупность всех генов (документов), определяющая организм (изделие)	генотип	генотип
Внешнее видимое проявление наследуемых признаков, реализованный комплекс признаков организма	фенотип	фенотип
Возможность и способность к воспроизведению своего вида	размножение	изготовление
Внезапное наследственное изменение, любое изменение, внесённое в документ, по которому изготавливается изделие	мутация	варьиофикация
Формирование экосистем количественно увеличивающимися видами так, что каждое из большинства видов представлено малым числом особей; по мере увеличения количества особей одного вида число этих видов сокращается	видовое разнообразие	ассортица

Под *организмом* понимается любой живой объект, под *изделием* – предмет или совокупность предметов\* производства той или иной технологии. Технологии есть, по С. Лему, «обусловленные состоянием знаний и общественной эффективностью способы достижения целей, поставленных обществом, в том числе и таких, которые, никто, приступая к делу, не имел в виду».

Поясним некоторые термины.

*Вид* как единица классификации растений и животных и *бинарная система наименования видов* К. Линнея получили всеобщее признание из-за объективности содержания, которая была подтверждена эволюционной теорией. Закономерности техноэволюции во многом определяются при изуче-

\*Относить ли к изделиям доменную печь, прокатный стан или считать их экосистемами – достаточно дискуссионный вопрос.

нии развития отдельных видов. Очевидное и широко используемое в биологии понятие *популяция* следует шире применять для описания экосистем (а также техноценозов).

*Популяция* – группа особей одного вида, функционирующая в одно время, в одной области пространства, под одним административно-хозяйственным управлением\*. Ряд признаков, неприменимых к особям, характерен только для популяции как целого: плотность, смертность (для ремонтируемых электродвигателей – средний срок службы, для ремонтируемых – средняя наработка на отказ), рождаемость (поступление в экосистему двигателей изучаемого вида), распределение изделий по возрастам, характер территориального распределения, характеристики использования, генетическая приспособленность. Пример: массовый отказ рольганговых с полым ротором электродвигателей для прокатки охарактеризовал непригодность этой популяции для рассматриваемой экосистемы (вне зависимости от возможной причины: неудачный генотип или низкая квалификация обслуживающего персонала).

**Выделение электрического ценоза.** Такая исследовательская операция осуществима и имеет смысл в увязке с идентификацией особи и введением родо-видовой классификации для изучаемого семейства изделий. В частности, электродвигатели, питающиеся от единого шкафа низкого напряжения, ценоз не образуют: во-первых, количество их невелико (отходящих линий обычно 5–8, иногда до 16, по освещению – до 30 групп); во-вторых, главное, что режимы их работы корреляционно значимо связаны.

Но если говорить о втором уровне 2УР системы электроснабжения в целом (что технологически может быть соотнесено участку), то ценологические свойства начинают проявляться на этом множестве двигателей. Далее они проявляются всегда: 3УР – отделение, 4УР – цех, 5УР – производство, 6УР – завод в целом. Здесь связи и зависимости для подавляющего большинства пар двигателей (не говоря уже о более длинных цепочках) статистически незначимы. Но электродвигатели отрасли, России в целом уже не образуют ценоз, так как подавляющее большинство из них друг с другом никоим образом не связано.

Отметим важные положения.

1. *Ценоз – не система.* Поясним: в разгар увлечения системными исследованиями, системным анализом, системной оптимизацией и проч. исходили из утверждения, что системой в самом широком смысле может быть решительно всё, что можно рассматривать как отдельную сущность (заметим, что *сущность* – ключевой вопрос философии, который пока не разрешён, да и едва ли может быть разрешён вообще). Системный подход к проблемам прогнозирования, проектирования и решения оптимизационных задач, включая многокритериальные, хорошо отвечал потребностям электроэнергетики (развивавшейся в то время в сторону полного монополизма). Поэтому модели переходных процессов в энергетической системе

---

\*Отметим различную аварийность двигателей одного вида на разных предприятиях.

изучались в совокупности элементов, находящихся в отношениях и связях между собой и образующих определённую целостность, единство, сложную большую систему кибернетического типа.

*Система* – комплекс элементов, находящихся во взаимодействии. Систему можно определить как любую концептуальную или физическую сущность, которая состоит из взаимосвязанных частей. Пример: все 14 станков Челябинского металлургического завода связаны в единую систему: часть – жёстко функционально (блужинг 1180 – заготовочный 800), другие – достоверно значимо корреляционно; мелкосортные – между собой. Если же взять станы мелкосортный 250 Челябинска, мелкосортный 250 Череповца, Запсиба и др., то их работа по режимам и сортаменту не связана математически устанавливаемыми корреляционными или иными связями. Конечно, можно говорить о связях в работе, определявшихся ранее Госпланом, а сейчас конкуренцией при сбыте металла, но это лишь подчёркивает отсутствие (слабость) связей в системном смысле и позволяет убеждённо утверждать: *ценоз – не система*.

2. *Ценоз* как сообщество чего-либо; *вид* как понятие и как единица систематики, входящая в состав рода и семейства; *особь* как элемент, экземпляр, индивидуальность (индивидуум), штука, единица – все они описываются (моделируются) вербально, семантически, словесно с уточнёнными и, как правило, количественными параметрами. Чёрную металлургию, к примеру, можно рассматривать как систему – и тогда прогнозировать производство чугуна, стали, проката или потребление энергоресурсов; можно ценологически показать самодостаточность стран, образовавшихся после распада СССР, по обеспеченности собственной металлопродукцией (это сделал О.Е. Лагуткин, показавший самодостаточность России как металлургической державы).

Нельзя, как предполагает классическая физика, представить систему дифференциальных и интегральных уравнений, из которой строго и однозначно описываются металлургия как физическое тело и его развитие (движение) в пространстве и во времени.

3. *Не всякое сообщество технических изделий образует ценоз*. Его самозарождение связывают, во-первых, с массовым изготовлением унифицированных серий (начало датируют моделью Форда «Т», в 20-е годы прошлого века покорившей Америку), что означало переход к индустриальному обществу; во-вторых, для машин (оборудования) – с возможностью выделить каждую штуку-особь-машину (единицу оборудования), как некоторый индивид, и обозначить эту индивидуальность, в частности, присвоением данной штуке-особи номера, выдачей «паспорта», обозначением ИНН. Простейшие изделия, не «доросшие» до паспорта, не могут образовать ценозы (болты и гайки, гвозди и шурупы).

4. И ещё одна важная ценологическая составляющая, которую поясним на примере. Формально это следствие направленности техноэволюции, но такое краткое объяснение не пояснит причины. Итак, когда в 1908 году Г. Форд запустил в массовое производство уже упомянутую модель «Т», он говорил: «Хочу создать машину, которая никогда бы не ломалась». К моменту снятия автомобиля с производства в 1927 году было выпущено более

15 млн экземпляров (причем действовала *полная схема информационного отбора*), и теперь цель была сформулирована президентом «Дженерал моторс» А. Слоуном иначе: «Основная проблема будущего – как сделать автомобили непохожими друг на друга и на прошлогодние модели» (чётко сформулированное явление – *вариофикация*, см. далее). Автомобилем одного вида, дешёвым и надёжным, можно было обеспечить всех; «хрущёвскими» пятиэтажками – нуждающихся в жилье; шестью сотками – желающих. Не получилось! Человек хочет иномарку, поместье, элитное среди элитных... Создаётся *социоценоз*, где для устойчивости общества должен быть выдержан дециль Парето.

**Информационный отбор.** Что мир развивается (эволюционирует), было осознано наукой сравнительно недавно. Перечислим главные особенности биоэволюции, применимые, можно сказать, и к техноэволюции.

1. Эволюция – творческий процесс. Её основой является «возникновение новшеств» (вариофикация), опирающееся на существование практически неограниченных возможностей перекombинации генов.

2. Наличие новшеств необходимо, но недостаточно для эволюции, так как ценны только обеспечивающие выживание (особи, вида).

3. Оценка новшеств – кибернетический процесс отбора, закономерно приводящий популяции и виды в гармонию с окружающей средой и накапливающий в генотипах информацию о прошлых и настоящих окружающих условиях.

4. Эволюция совершается путём проб и ошибок, так как отбор «оппортунистичен»: он приспособливает вид к условиям, существующим только в данное время и в данном месте, и может затруднить приспособление к будущей среде: эволюция всегда включает риск неудачи (её «оппортунизм» содержит опасные моменты, связанные со специализацией).

5. Эволюция противоположна индивидуальному развитию, которое совершается по заранее заданной генетической программе; эволюция – это непрограммированное (нецеленаправленное) развитие.

6. Преемственность – фундаментальное свойство эволюции: каждое изменение обусловлено предшествующими изменениями и обуславливает те изменения, которые последуют за ними.

Все положения эволюции связаны с переработкой и оценкой информации: её (ген, документ) надо прочитать; руководствоваться прочитанным; сравнить получившееся с тем, что определяет экосистема; наконец, внести изменения в прежнюю запись или оценить её как достойную существовать и «размножаться» далее. Информация – общенаучное понятие. По Н. Винеру – это ключевое понятие кибернетики; по А.А. Ляпунову – необходимое условие высокоустойчивого состояния вещества, каким является жизнь; по В. Глушкову – информация существует постольку, поскольку существуют сами материальные тела и, следовательно, созданные ими неоднородности.

Подчёркнём принципиальную разницу в использовании информации в неживой и живой природе.

В неорганическом мире выделенный объект изменяется под влиянием окружающей среды. При этом, можно сказать, объектом используется ин-



формация для перехода в более стабильное, более вероятное для данных условий состояние. Но как бы ни были сложны и красивы поразительные очертания скал, созданных дефляцией (выветриванием), они появились не в результате предварительного плана, не предусмотрены какой-либо программой: нет материального объекта – носителя информации, по которому *a priori* можно предсказать результат (результат предсказуем на основе физико-химических законов по Лапласу–Ньютону точно или вероятно-статистически – с определённым приближением).

В процессе развития неорганического мира природа сделала качественный скачок: нашла способ записывать и сохранять информацию во времени путём многократного воспроизведения копий. Появился план, программа использования информации для создания системы, обладающей гомеостазисом. Природа пошла по пути специализации, создав материальный носитель информации – *ген*, что позволило записать всё живое.

Следующим шагом, сделанным природой на пути специализации, явилось *разделение функций*:

1) появился материальный объект, содержащий закреплённую информацию – документ, выделившийся из гомеостатической системы, системы, которая создаётся по плану, программе, содержащейся в документе; уникальность и воспроизведение документа не зависят от способа и времени воспроизведения и функционирования гомеостатической системы-изделия;

2) воспроизведение (изготовление) изделия осуществляется во времени и пространстве в соответствии с закреплённой информацией, содержащейся в документе, с использованием определённых документом вещества и энергии, которые не принадлежат документу.

Из факта пространственно-временного разделения информации (появление документа) и воспроизведения (размножения) изделия вытекает возможность самостоятельной жизни документа (начало *информэволюции*): воспроизведение документа, индексация документа, аннулирование или появление нового.

Представим изложенные соображения в виде табл. 2.2, отметив, что процесс специализации, осуществляемый природой, не закончился.

Таблица 2.2.

Схема изменения применения информации

Развитие неорганического мира	Эволюция (биологическая)	Техноэволюция	Информ-эволюция	Социо-эволюция
Использование информации, определяемое физико-химическими законами, при отсутствии материального объекта – носителя информации и отсутствии плана использования информации документом	Недокументальная запись информации на молекулярном уровне при совмещении материального носителя информации и аппарата воспроизведения себя и наличия плана использования информации	Документальная запись информации при пространственно-временном разделении собственно документа, способа его воспроизведения и вещественно-энергетического воспроизведения плана, предусмотренного документом	?	?

При рассмотрении *техноэволюции*, включающей выпускаемую технику, применяемую технологию, перерабатываемые материалы, используемую продукцию, возникающие отходы, отметим, что все виды машин, оборудования, аппаратов, приборов, изделий и др. изменчивы. Эта изменчивость неопределённа, во многом стохастична и крайне многообразна. Но, в то же время, как будто имеются направление, «цель» этих изменений, после того как на свет появляется признак-основатель (машина Уатта; перемещение М. Фарадеем проводника в магнитном поле). Наличие вектора техноэволюции несомненно. И не ведёт ли он в тупик цивилизацию, опирающуюся на техническую реальность и информационное обеспечение?

Изменения ведут к разнообразию, к расхождению признаков, к появлению новых видов, всё далее отходящих от своих предков. Изменения закрепляются, можно сказать, «наследуются в потомстве» (патентах, описаниях, чертежах и др.). Осуществляется *информационный отбор*, который является основным фактором эволюции материального мира, его движущей силой.

Информационный отбор – свойство организовавшейся технической материи (понятие *информация* принято в широком смысле, что идёт от Н. Винера, наряду с понятиями *материя, движение, пространство, время*).

Результатом информационного отбора явилось множество видов, встречающихся определённым образом, т. е. *распределение по повторяемости* предсказуемо. Так, распределение электродвигателей, попавших на промышленное предприятие, подчиняется некоторому закону, хотя время формирования заводов, их технология, темпы строительства, поставщики и, наконец, величина предприятия, резко различаются или вообще несравнимы. Количество видов, порождаемых техноэволюцией, непрерывно увеличивается, особенно после окончания эпохи аскетизма (достаточно сравнить, например, серии «мобильных телефонов»; автосалоны 2007 года с 4000 моделей – необозримость видов). Отметим, что возникновение новых видов опережает их естественное вымирание.

Число уникальных типоразмеров на заводе (по одному электродвигателю) – величина, конечно, случайная, но близость оценки для разных заводов и за ряд лет указывает на наличие определённых закономерностей. Заметим, что электродвигатель в ценозе может существовать в одном экземпляре; особи же в экосистеме в единичном экземпляре не выживают.

В технике широкое распространение получило явление, названное *вариофикацией*: делание различного, причём темпы выпуска новых видов машин, устройств, аппаратов возрастают. Вновь выпускаемые типоразмеры вместе со старыми видами составляют конвенционно выделяемые (ограниченные) ценозы, образование которых определяется следующей закономерностью.

Счётное множество\* особей, которые все могут быть отнесены к некоторому образующему экосистему числу видов одного класса, и само число видов распределены таким образом, что большинство видов представлено малым числом особей в каждом, а по мере увеличения количества особей одного вида число таких видов сокращается. Уменьшающееся число видов с возрастающим количеством особей в каждом основывается на увеличении



вающемся числе видов с малым числом особей. Закономерность имеет объективный характер и объясняется законами, определяющими технологическую эволюцию. Тогда, если при случайной выборке особей и группировке их по видам не происходит уменьшение числа видов по мере увеличения количества особей каждого вида и если методология учёта корректна, то должны быть возмущающие причины, нарушающие ход эволюции.

Вариофикация – это одна сторона техноеволюции. Другая заключается в том, что новые виды машин, оборудования, аппаратов, приборов, изделий и др. поступают на определённые предприятия (в город, район) и вместе со старыми изделиями, уже находящимися там, образуют ценозы (в первом приближении – замкнутые), формирование которых определяется закономерностью, имеющей общий характер. Образовавшиеся ценозы характеризуются значительным разнообразием изделий одного семейства, например, электрических машин. Это явление определено как *ассортица* – сосредоточение, появление различного в системе, ограниченной в пространстве-времени (термины «разнообразие», «многообразие» заняты теорией информации и другими науками).

На функционирование ценозов ассортица оказывает большое влияние. К этому же явлению следует отнести принципиальные отличия в проектных решениях аналогичных объектов – например, высота кабельных помещений машинных залов для кислородно-конвертерного цеха одного завода составляет 8 м, но 3 м – для такого же цеха другого завода. Различные институты, отделы в пределах института (и даже группы внутри отдела) предусматривают, например, в проектах для одного завода (одной экосистемы) разные способы прокладки кабельных коммуникаций для питания цеховых троллеев, разные светильники для помещений одного назначения и др. Ассортица проверена для техноценозов металлургических предприятий Сибири, на которых в 12 годовых выборках охвачено 27 632 электродвигателя: они оказались 5618 видов, причём по одному двигателю встретилось 2868 видов.

Вариофикация, как бы ни было велико стремление сделать нечто отличающееся (нас интересует это явление в пределах одного семейства), аксиоматически не определяет ассортицу. Так, несмотря на разнообразие легковых автомобилей, в ряде стран такси были одного наименования (у нас когда-то были «Рено», затем «Москвич» и «Волга»). Научно доказывалось и нормативно требовалось в системах электроснабжения промышленных предприятий устанавливать два типоразмера трансформаторов 10(6)/0,4 кВ. Но все усилия специалистов реализовать такое требование, в пределах определяемое постулатами первой и второй научных картин мира (приведёнными затратами, в частности), вошли в противоречие с ценологическими ограничениями. В результате, например, для завода с получасовым максимумом нагрузки  $P_m = 200$  МВт был установлен 541 трансформатор, а их видов (типоразмеров) оказалось 48.

---

\* Счётным называют бесконечное множество, но такое, где каждому элементу сопоставляется число из натурального ряда чисел.

От вариофикации и ассортицы следует отличать *диверсификацию*, которая заключается в расширении номенклатуры продукции, производимой монополистическими объединениями. Явление, получившее распространение в мире в 50-е годы XX века, нашло отражение у нас, когда в советское время предприятия были обязаны (а в этом веке – рыночно стремятся) выпускать технологически иную продукцию (например, металлурги – холодильники, мебель, посуду). Монополии начинают приобретать непрофильные активы. Международный характер вариофикации (*инновационный процесс*) и диверсификации (*инвестиционный*) требует их объяснения, возможного в рамках теории техноэволюции.

**Экологическая ниша.** Представим крайне упрощённую электрическую машину  $A$  из популяции, входящей в экосистему – металлургическое предприятие. Пусть работа (возможность «выживания») машины  $A$  определяется двумя физическими параметрами – температурой окружающего воздуха  $T$  и величиной подводимого напряжения  $U$ , причём  $T_1$  и  $U_1$  – нижние пределы переменных, ниже которых машина вида  $A$  не встречается;  $T_2$  и  $U_2$  – верхние пределы. Предполагается, что  $T$  и  $U$  – независимые величины. На плоскости с координатами  $T$  и  $U$  будет существовать площадь, каждой точке которой поставим в соответствие пару  $T_i, U_i$ :

$$\begin{aligned} T_1 &\leq T_i \leq T_2; \\ U_1 &\leq U_i \leq U_2 \end{aligned} \quad (2.1)$$

которая допускает выживание вида. Вся площадь, удовлетворяющая условию (2.1) и представляющая весь набор возможных сочетаний  $T$  и  $U$ , при котором может встречаться вид  $A$ , есть *экологическая ниша* вида  $A$ .

На реальные электрические машины, входящие в экосистему, действует в очень сложной форме и определяет их выживание большое количество факторов: температура окружающей среды, влажность, запылённость, состав и количество агрессивных газов, габариты и вес, величина напряжения, отдаваемая и потребляемая мощность, способы и габариты присоединения к механизму, качество потребляемой электрической энергии, частота включения, способность к перегрузкам и др. Для каждой электрической машины как вида могут быть составлены предельные значения для всех факторов, в результате чего может быть образован  $n$ -мерный объём – экологическая ниша.

Экологическая ниша вида  $A$  есть условный объём в  $n$ -мерном евклидовом векторном пространстве, определённый минимальным и максимальным значениями факторов среды, в котором обеспечивается выживание вида. Экологическая ниша мыслится в рамках единой четырёхмерной пространственно-временной структуры макромира, т. е. привязана в пространстве и во времени. Вместе с тем, экологическая ниша – не часть евклидова пространства, но модель описания природы и технологии.

Интересны следствия при применении понятия экологической ниши. Пусть  $F_A$  – объём экологической ниши, обеспечивающей выживание вида  $A$ ;  $F_B$  – объём экологической ниши, обеспечивающей выживание вида  $B$ . Примем для простоты все факторы среды равными, кроме одного, напри-

мер,  $T$ . Тогда объёмы  $F_A$  и  $F_B$  при сравнении определяются величинами минимального и максимального значений. Пусть  $T$  для  $F_A$  лежит в пределах  $T_1 \leq T_A \leq T_{10}$ , а для  $F_B$  (в том же масштабе) –  $T_4 \leq T_B \leq T_6$ . Тогда для одного и того же пространства в нём может быть размещено экологических ниш  $F_A$  меньше, чем  $F_B$ , следовательно, электрических машин вида  $B$  в этом пространстве будет больше. Другими словами, увеличение специализации, т. е. сужение разницы между максимальными и минимальными значениями факторов вызывает потенциальное увеличение количества особей.

Экологические ниши не могут перекрываться, а лишь соприкасаются: если два вида начинают занимать одну нишу, то вид с большей конкурентоспособностью в борьбе за лимитирующий параметр (фактор) вытесняет другой, который элиминирует или занимает другую нишу (специализируется).

Концепция экологической ниши позволяет поставить и перейти к решению таких вопросов, как:

- оптимальное количество и объём экологических ниш для определённой экосистемы (например, сколько и каких электрических машин необходимо для нормальной жизнедеятельности крупного металлургического завода);
- максимально возможное количество особей в экосистеме;
- образование новых экологических ниш и прогнозирование их появления;
- влияние отдельных факторов на выживаемость вида, уже располагающего экологической нишей, в том числе и таких, как эстетические требования (желательно выражение в количественной форме), требование различных инспекций, экономичность (одно из определяющих), ремонтно-пригодность, надёжность.

Когда появится вид (особь), имеющий экологическую нишу, перекрывающую существующую, возникает необходимость уничтожения существовавшего вида (особи). Этот процесс желательно ускорить или ему противодействовать?

Следует также определить закономерность попадания отдельных видов в экосистему, например электрических машин – на металлургический завод, и этим охарактеризовать систему. Наконец, следует определить распределение видов по повторяемости отдельных особей и выявить в динамике смену и появление отдельных видов.

*Контрольные вопросы*

1. Приведите основные признаки вида и примеры для электрической, бытовой и общепромышленной техники.
2. Где в теории и практике необходимы понятия *вид, особь, популяция*?
3. Охарактеризуйте область существования и цели менеджмента при управлении *вариофикацией, диверсификацией, ассортицей*.
4. Почему важно и необходимо выделять особи, отдельные виды, ценозы?
5. Очертите граничные условия для экологической ниши.
6. В чем состоят особенности использования информации в неживой, живой и технической реальностях?

## Лекция 3. Технетика как наука о технической реальности

Электричество во множестве своих приложений является жизненно необходимой и неотъемлемой частью цивилизации, можно сказать – фундаментальным основанием технической, информационной, социальной реальностей. Поэтому инженер (менеджер-электрик), наряду со знанием собственной электрической специальности, должен уметь соотносить свои решения и действия с особенностями техники и технологии производства (быта, искусства, медицины, образования и др.), со спецификой информационной всеобщности, с возрастающими социальными требованиями.

Рассмотрим особенности технической реальности – уже в прошлом веке она стала далеко не только орудиями, с использованием которых человек повышал свои физические и интеллектуальные возможности.

Формирование ценозов и объективные законы их появления, функционирования, эволюции, смерти заставляют по-иному взглянуть на, казалось бы, устоявшиеся представления.

Полагая, что техническое бытие (как единое) было и есть объективная реальность, существующая вне нас и независимо от нашего сознания, сосредоточим внимание на материальной (не на информационной, не на социальной) стороне существования цивилизации в XXI веке, которая (цивилизация) ныне есть эволюционный результат оптимизма индустриальной революции XIX века (отсчёт её ведут от Галилея [1564–1642 гг.], законов Ньютона [1687 г.], далее были паровая машина Уатта [1769 г.], прядильная Харгривса [1770 г.], вершина – уравнения Максвелла [1864 г.] и сложностей научно-технической революции XX века.

Говоря о новой интерпретации, точнее – о новой парадигме технического восприятия мира, ином представлении материальной сущности изделий и способах изучения их жизненных циклов, имеем в виду следующее:

во-первых, техническая реальность стала всеобщей (свершившееся преобразование биосферы в техносферу), и невозможно существование человека вне (и без) технического;

во-вторых, человек сегодня выживает не при помощи отдельных орудий и продуктов своей деятельности (как в начале антропогенеза, когда создавалось только такое техническое, которое классифицируется как орудийная техника), а вполне успешно живёт среди непредсказуемого множества окружающих его нужных и ненужных вещей и не им лично произведённых продуктов;

в-третьих, нынешнее поколение (а последующие – в ещё большей степени) живёт в вешном мире, неизмеримо бóльшая часть которого создана до рождения живущих;

в-четвёртых, элементы (изделия) окружающего технического, зафиксированного во времени и пространстве, образуют технические ценозы;

в-пятых, глобальный эволюционизм технического диктует появление другого технического так, что каждая из единиц технического, как изделие-особь, переделывает окружающее в направлении, благоприятном для

себя (как для изделия-вида), что и отражает действие закона информационного отбора.

Анализируя приведённые факты и теоретически выделяя общее, можно рассматривать техническое, с одной стороны, как целостность; с другой – как нечто, представляемое рядом специфических сущностей, к которым можно отнести: создаваемую и эксплуатируемую технику, разрабатываемую и применяемую технологию, получаемые и используемые материалы, производимую и потребляемую продукцию, возникающие и перерабатываемые отходы.

Назовём *технетикой* категорию (или, если угодно, предложим обобщающее определение, дефиницию, термин, понятие), включающую в себя как единое документально определяемые технику, технологии, материал, продукцию, отходы (документ – ключевое в этом определении). Тогда можно говорить о *Homo symbolicus*\*, о человеческой возможности и даре производить символы.

Говоря о технической реальности как бытии, мы не можем не связать его с пространством и временем. Здесь и сейчас есть вещное окружение, составившее столько техноценозов, сколько возможно субъективных конвенций по их выделению. За время  $\Delta t$  (секунды и меньше, или годы и больше), в миг между прошлым и будущим, меняется всё. Но инженер, как правило, пренебрегает тем, что в одну и ту же реку нельзя войти дважды. Он (по старинке) полагает, что вещь в то время, когда она движется, должна оставаться *той же самой* вещью (по Платону, имеется изменение качества и изменение места, но не изменение субстанции). Превращение любого факта в факт научный – достаточно сложный и не формализуемый процесс, обсуждаемый А. Пуанкаре при констатации: «становится темно» и «затмение наступило, когда мои часы показывали девять».

Техническая реальность – окружающий нас мир, взятый в антропогенном масштабе, наличествующие материальные объекты, в массе находящиеся в рамках классических представлений первой научной картины мира, позволяют принять для дальнейшего, что человек может различать мёртвое (физико-химическое), живое (биологическое), техническое (искусственное). Этим мы добавляем к выделенным мёртвому и живому бытие техническое.

Таким образом, при максимально широкой классификации действительности мы имеем и можем различать три вида реальности: *физическую*, *биологическую* и *техническую*. Присоединив к ним реальность *информационную* и реальность *социальную*, мы исчерпываем все виды реальностей, с которыми имеет дело человек сегодняшний. Любая другая реальность входит соподчинённо в одну из названных. Тогда важно осмыслить не только законы и закономерности, действующие «внутри» каждой из реальностей, но и последствия взаимодействий каждой пары матрицы (табл. 3.1), и глобальность эволюции реальностей как целого.

Если максимально широко классифицировать всё материальное, тех-

---

\* *Homo symbolicus* – человек символический (по Э. Кассиреру).



ническое, вещное, то конструктивно, на уровне артефакта-организма-изделия-особи (индивида, индивидуума), техническое может быть:

1) техническим мёртвым (орудийная техника *Homo faber*\*, нынешняя инструментальная, материалы, комплектующие, запчасти; простейшие, по ГОСТ, изделия; излучения и поля), не делающим попыток противостоять второму закону термодинамики;

2) техническим живым (органическим: штаммы микроорганизмов, гибриды растений, овечка Долли), где роль документа играет расшифрованная генетическая запись строения вида;

3) технико-техническим, технико-технологическим, технико-конструктивным, производственно-технологическим, прагматико-технологическим – технетическим, требующим внешнего энергообеспечения, противодействующим локально росту энтропии и, подчеркнём, уже всегда (вместе с техническим мёртвым и техническим живым) образующим технические ценозы.

Словарями техноценоз определён как сообщество изделий конвенционно выделенного объекта, множество элементов-изделий, характеризующееся слабыми связями и слабыми взаимодействиями; система техногенного происхождения, рассматриваемая как сообщество классифицируемых по видам единиц техники, технологии, материала, продукции, отходов и выделяемая административно-территориально для целей инвестиционного проектирования, построения (сооружение, монтаж, наладка), обеспечения функционирования (эксплуатация, ремонт, модернизация), управления (менеджмент).

Рассмотрим составляющие технетики, начав с техники.

Термин *techné*, идущий из античности, массово понимается двояко: как совокупность средств, создаваемых для осуществления процессов производства и обслуживания непроеизводственных потребностей общества, и как вид человеческой деятельности (обычно в положительном смысле, свидетельствующем о профессионализме: высокая техника катания И. Родниной, игры в эндшпиль В. Смыслова). Техника, в первом понимании, имела дело с отдельными вещами-изделиями, теоретически опираясь на известную схему К. Маркса: «простые орудия, накопление орудий, сложные орудия; приведение в действие сложного орудия одним двигателем – руками человека, приведение этих инструментов в действие силами природы; машина; система машин, имеющая один двигатель; система машин, имеющая автоматически действующий двигатель – вот ход развития машин».

Такой подход отражал мировоззрение первой механической научной картины мира Ньютона–Максвелла, породив в нашем государстве утверждение, широко распространённое и господствовавшее в начале индустриализации (20-е годы XX века), что современный завод (и вся страна) будет представлять собой единый организм, в идеале – часы, где всё будет запланировано, нормировано, расписано.

В сознание каждого руководителя и инженера прочно вошли представления о нормах и возможности рассчитать, в частности, электрические

---

\* *Homo faber* – человек производящий.

нагрузки, потери, затраты, опираясь на приёмники, цепи, эквивалентные схемы: всё рассчитываемо. Поэтому гендиректор, руководствуясь этими рассуждениями, распоряжается: представить отчёт по состоянию, например, на 01.01.2007 г. Главный электрик в годовом отчёте указывает: на заводе установлено 62 179 электродвигателей. Но обеим сторонам очевидно, что в ночь с 31 декабря на 1 января никто не считал двигатели. Все знают, что отчёты с цехов собирались не один день, что охвачены не все двигатели, что после того, как отчёт сдан, поступили новые данные, а некоторые успели «сгореть». Эти и другие ценологические факторы самоорганизации исключают возможность получения данных с точностью до штуки и однозначных при пересчёте.

С 30-х годов XX века потребители электроэнергии отчитываются по форме, содержащей годовой расход на двигательную силу, на нагрев, на электроосвещение. Поскольку в реальности практически невозможно (хотя возможно теоретически и реализовывалось до 40-х годов XX века, когда речь шла о единичном электроприводе, единичной печи, обозримом количестве светильников) отделить 60 тыс. двигателей от общей сети и подключить для контроля под один счётчик, 1,5 млн лампочек – под другой, электротермию – под третий, то государство до сих пор получает «липовую» отчётность. Это же относится к *расчётам* по электросбережению (но не *замерам*), к потерям в сетях, к качеству электроэнергии. Естественно, что искажённая отчётность может порождать ошибочные решения.

Планируя и нормируя сегодня (без чего не обойтись), каждый раз необходимо убедиться, сводится ли данный случай к прямому расчёту (например, усилий при подъёме груза и др.) или здесь необходима вероятностная оценка. Или всё же «средняя температура по больнице» не работает, и надо заниматься каждым индивидуумом.

Несколько изменим формулировку и определим технику как часть технической реальности. *Техника* есть изделие или совокупность изделий таких, что каждое определено алгоритмически документом.

Под *изделием* понимаем любой предмет или совокупность предметов производства, основанного на той или иной технологии.

Изделие – самостоятельно функционирующая дискретная единица, рассматриваемая далее как элементарная. Хотя под изделиями принято понимать лишь вещественные объекты производства, учитываемые в штуках, в единицах объёма, веса, длины, площади и др., это понятие следует применять максимально широко – всё, что сделано трудом и умением: компьютерная программа, научная статья, социальное действие, а также заводские, фабричные произведения.

Обратимся к ключевому для нынешнего постиндустриального (информационного) общества понятию – технология, которая не является близнецом техники. Нанотехнологии – наиболее модный технический термин.

Ремесленнический способ использования, сохранения, передачи технологии (в обучении и сейчас – «делай, как я») сменился документальным.

*Документ* – материальный объект, содержащий закреплённую информацию (обычно при помощи какой-либо знаковой системы на специально выбранном материальном носителе) и предназначенный для её передачи и использования.

Тогда *технология есть документально определённая совокупность применяемых для получения готовой продукции методов и процессов (включая контроль) обработки, изготовления, изменения состояния, свойств, формы материалов и изделий, а также приёмы, способы и операции, связанные с транспортировкой, складированием, хранением.*

Первая часть определения характеризует преимущественно физическое и/или химическое воздействия, необходимые для рождения изделия, вторая – пространственные перемещения (в последнее время термин широко используют при описании информационных и социальных явлений и процессов).

Таким образом, техника образует каркас, структуру техноценозов, а технология обеспечивает процессы (и заключается в них) функционирования и отдельных машин, агрегатов, и техноценоза в целом.

Технология – материализуемая душа техники. Основа её – единый документированный технологический процесс, акт движения.

Техника – категория, связанная с представлением такого материально-го, которое физически (и морально) стареет, изнашивается, ветшает, вырабатывает ресурс и проч., умирает, с неизбежностью уходя в небытие и растворяясь в вечности.

Технология есть категория теории познания. Это всегда есть нечто познанное, знание (хотя и не обязательно правильное и этически выверенное) о том, что и как делать. И в этом идеальном качестве она неуничтожима (и если зафиксирована документально – не исчезает, не забывается, становясь интеллектуальной собственностью). Конечно, технология стареет морально, технически, политически, экономически, экологически и проч., ставя проблему внедрения новых технологий, овладения информационными, использования высоких, разработки нанотехнологий. Она вечна как результат «увидения» законов возникновения, существования и эволюции последовательно порождающих друг друга реальностей – физической, биологической, технической (технетической), информационной, социальной, каждая из которых взаимодействует с той или иной составляющей технетики (табл. 3.2).

Руководствуясь фактом физического существования объектов природы, на основе законов физики и химии были созданы технические науки. Рубежом стали Метрическая конвенция 1875 года и Система электрических единиц 1881 года, ознаменовавшие формальную законченность первой научной картины мира Ньютона–Максвелла.

Лапласовский детерминизм был логическим следствием уверенности в возможности полного однозначного описания системой дифференциальных уравнений любого тела (поля) и любого движения (траектории) в безграничном, абсолютном, однородном и изотропном пространстве, где время выражает длительность бытия и, в моделях, обратимо.

Ручное рубило *Homo habilis*\* раннего палеолита было временным и недолговечным орудием. Но уже кроманьонский нож, требовавший при

---

\* *Homo habilis* – человек умелый.

изготовлении до десяти операций и сотни ударов, превратился в личное, сохраняемое и переносимое изделие. В неолите не было необходимости различать технику как вещь и технологию пользования этим орудием или другим искусственно сделанным предметом. Конечно, и сейчас можно говорить о технологии забивания гвоздя, например. Но, имея в виду «единение» техники-молотка и техники-деятельности, следует осознать, что со временем «профессионализм владения» и «искусство» («артистизм») разошлись понятийно.

Усложнение техники породило стремление к автоматизации управления ею с созданием соответствующего инструментария (регулятор Уатта, компьютер), или к тривиальным элементарным операциям (конвейер Форда), или к разделению (совмещению) отдельных операций, которые лишь в системе дают результат. Так появилась необходимость собственно в технологии – что и как делать (вне зависимости от того, используется ли, применяется ли при этом какая-либо техника) – в системе технических знаний, опыта, навыков, представляемых в форме документа для преобразования материала в конечный продукт.

Выделение технологии тесно связано с усилением роли сырья и материалов, хотя и раньше, можно сказать, она была определяющей (каменный век, век пара, сейчас – век электричества). Необходимость наличия в материале требующихся свойств диктует разработку технологии, которая определяет технику.

Материал – термин собирательный, обозначающий разнообразные вещественные элементы производства, используемые, главным образом, в качестве предметов труда. Это сырьё, материалы основные и вспомогательные (используемые для производственно-эксплуатационных нужд), топливо, энергия, покупные изделия и полуфабрикаты, запасные части для ремонта, инструменты, малоценные и быстроизнашивающиеся предметы.

Если конкретизировать, то материалы – это индивидуальные химические соединения, простые тела, их композиции и композиты, сплавы, смеси и растворы, предназначенные для изготовления заготовок, деталей, узлов, агрегатов, машин и приборов, а также для получения других материалов. Материалы учитываются в единицах массы, длины, площади и объёма. Обширно техническое, подходящее под понятие «материал»: это наноматрицы, элементарные частицы; микрочипы; поля, волны, излучения, включая электрический ток и механические нагрузки.

Рассмотрим с этой точки зрения электричество. Это не энергия, а материал (и в этом качестве является движимым имуществом – вещью, товаром), образованный электронами и горящий, например, в дуговой печи, как углеводороды (нефть, дрова) – в обычной.

Что касается энергии электричества, специфичной из-за её энтропийных свойств, то энергией обладают и гиря часов, и яблоко на яблоне, и вода Рейна: всё это функциональный, по Хайдеггеру, элемент поставляющего производства; в данном случае – средство для работы электростанции.

С ценологических позиций рассмотрим малоизвестный факт. Извест-

но, что любая техника и материал стареют и, следовательно, умирают. Обратимость их во времени не существует. Два образца-особи одного вида (в отличие от простейших, «на одно лицо», гаек, например) различимы по индивидуальным признакам, что может быть подтверждено приборно. Иное дело – элементарные частицы (и атомы – по Менделееву и Демокриту): один электрон неотличим от другого, электрон вечен и обратим (в понимании Максвелла). Отработав под напряжением миллион вольт и уйдя в землю или в облака, он «теряется в толпе» других электронов и становится инструментально неотличимым от любого электрона-бездельника, ничего не делающего. Электроны и другие элементарные частицы не могут образовывать ценозы.

Вернёмся к пониманию антропогенного масштаба, напомнив антропный принцип. Он, упрощённо, гласит: изменение фундаментальных констант на малую величину привело бы к невозможности существования жизни (что относится и к электрону, изменение массы которого на доли процента не дало бы возможности человеку появиться в таком мире). Атомы обнаруживают элементарные свойства: они неделимы; вступают в предсказуемые химические реакции, обнаруживаемы человеком в рамках масштаба его органов чувств; могут образовать физико-химические (застывшие) ценозы. Распространённость элементов в земной коре по параметру (весовые проценты) – вполне гиперболична: O – 49,13; Si – 26,00; Al – 7,45; Fe – 4,20; Ca – 3,25 и т. д. Каждый образец любого минерала содержит обязательно редкие примеси и др.

Кроме техники, технологии, материалов, определяющих выпуск продукта, необходимо выделить как дефиниции:

1) документально определённый результат – конечную продукцию (осязаемую и неосязаемую), т. е. само изделие-продукт;

2) отходы и остатки производства отдельного изделия: шлаки, шламы, золы, отстой, обрезь, стружка, щепки (но может быть и технологическая щепка), окалина, нагар, сажа, макулатура, отбросы, мусор, пыль, скрап, лом, хлам, брак (trash), загрязнение, выхлопы, выбросы и сбросы в воздушный и водный бассейны; электромагнитные, радиационные, световые, шумовые и другие побочные материальные явления, которые условно назовём отходами.

В России экологическое право понимает под загрязнением (в узком смысле) любое изменение физико-химического состава природной среды (биосферы и естественных ландшафтов) любым способом и в любой степени.

Выделение отдельных составляющих техники позволяет, во-первых, увидеть специфику каждого понятия и исследовать взаимодействие между собой каждой пары составляющих (табл. 3.3); во-вторых, говорить о законах, на основе которых все они, как материальные единичные объекты, создаются в рамках первой физико-химической картины мира; затем каждый, становясь и выступая как продукт, функционирует, неизбежно загрязняя природу в рамках второй вероятно-статистической научной картины мира, описываемой в пределе гауссовой математикой.

Наконец, множество единиц-особей техники (станок), технологий (доменная плавка), материалов (шёлк), конечной продукции (хлеб), эколо-

гических воздействий в локализованном пространстве и в текущее время образует сообщества – технические ценозы, формирование видовой структуры которых и структуры по выделенному параметру определяется законом информационного отбора.

Оказалось, что ценозы (любые) образуются, функционируют, эволюционируют по постулатам *третьей ценологической* научной картины мира, составляющей, собственно, основу постнеклассического мировоззрения.

Гносеологически ценоз, как объект, не есть только множество дискретных элементов-особей: обязательна родо-видовая классификация рассматриваемого семейства элементов. Это принципиально: вид есть констатация объективности. Сущность техники не изменилась со времён строительства пирамид Архимеда. Но есть тонкость, вытекающая из описанной выше классификации технического: мёртвое, живое, технетическое.

Таблица 3.1  
Матрица эволюции

Реальности (миры)	Физическая	Биологическая	Техническая	Информационная	Социальная
Физическая	Энергетический отбор	ФБ	ФТ	ФИ	ФС
Биологическая	БФ	Естественный отбор	БТ	БИ	БС
Техническая	ТФ	ТБ	Информационный отбор	ТИ	ТС
Информационная	ИФ	ИБ	ИТ	Документальный отбор	ИС
Социальная	СФ	СБ	СТ	СИ	Интеллектуальный отбор

Таблица 3.2  
Матрица конъюнкции реальностей и технетики

Реальности (миры)	Составляющие технетики				
	1. Техника	2. Технология	3. Материалы	4. Продукция	5. Экология
Физическая	Ф1	Ф2	Ф3	Ф4	Ф5
Биологическая	Б1	Б2	Б3	Б4	Б5
Техническая	Т1	Т2	Т3	Т4	Т5
Информационная	И1	И2	И3	И4	И5
Социальная	С1	С2	С3	С4	С5

Таблица 3.3  
Технетическая матрица взаимодействия составляющих

Сущностные	Составляющие технетики				
	1. Техника	2. Технология	3. Материалы	4. Продукция	5. Экология
1. Техника	11	12	13	14	15
2. Технология	21	22	23	24	25
3. Материалы	31	32	33	34	35
4. Продукция	41	42	43	44	45
5. Экология	51	52	53	54	55



Исключим из рассмотрения вторую, поскольку буквы (гены) мы узнали недавно (1953 г.) и сейчас лишь учимся читать по букварю (к чему, ошеломляющему, это приведёт – можно лишь гадать). Тонкость заключается в том, что *технетическое*, получив в собственность энергию со стороны, начинает выполнять всё большее количество функций, всё разнообразнее, всё самостоятельнее, всё больше отдаляясь от человека.

*Интеллект технетического* уже создал ситуации, когда человеку предписывается действовать не так, как считает он, а как «считает» техника (ошибка диспетчера при катастрофе башкирского самолёта над Швейцарией). Человеческий фактор – причина Чернобыля и большинства техногенных катастроф.

Механические часы надо заводить, лампаду заправлять маслом, автомобиль – бензином. Масло, шампунь, аксессуары – кто диктует это для технетического? Технический ценоз, в котором оказывается индивид-особь, навязывает индивиду его же вещное окружение. Ключевым, но всё ещё мало осознаваемым, является вопрос о том, что всё производство сейчас осуществляется по документам. Сегодня нет ни одного вида продукции, не подтверждённого и не оформленного документально.

Этим утверждением отсекаем большую часть технической реальности, которая создаётся каждым человеком в личных хозяйствах или в иной, повседневной документально не определённой деятельности. Следует подчеркнуть, что техническую реальность порождает, и в больших масштабах, непроектная деятельность человека, в том числе искусство, образование, развлечения. Мы лишь говорим, что любой изготовленный кем-то лично предмет не оказывает влияния на развитие цивилизации до тех пор, пока он не будет описан, «задокументирован». Порождение технической реальности самой технической реальностью может происходить в соответствии с целями, которые ставят отдельный человек, группа лиц, человечество в целом. Но оно может происходить независимо от воли человека и даже вопреки его желаниям. Техника становится фундаментальным феноменом развития сознания, когда определённые его структуры из разряда того, что «создаётся», переходят в разряд того, чем «пользуются».

Говоря о технетическом, отметим, что технетический объект не мыслится без коммуникаций, без постоянной поддержки и обслуживания (мониторинга всех видов, уборки мусора, почты и связи, сантехники, ремонта собственно здания и др.). И если имеется возможность выделения и перемещения каждой единицы оборудования (с места на место), её локальной замены как особи на другую (т. е. каждую машину можно рассматривать как дискретный организм), то здание возможно выделить только конвенционно (например, юридически – выделяется с землёй). Сооружения буквально вросли своими корнями в городскую землю (это не относится к индивидуальным домам в небольших сёлах и поселениях) и повязаны инфраструктурой. Каждый раз, конечно, могут быть найдены границы сетей, относящихся к собственнику, но в целом здание произвольно не выделяется. Оно не отделяемо без ущерба (например, от энергосистемы).

Рассмотрим устоявшиеся различия в применении понятий *техника* и



*технология* не только всеми техническими науками, но и экономическими (что важно при решениях по инновациям и инвестициям), политическими (передавать Ирану атомные технологии или ограничиться поставкой техники в Бушер) и проч. Исторически отечественная техника развивалась в русле центрально-европейской культуры, а не англоязычной: *Technik* (нем.) – техника, *Techniker* – техник, инженер, *Technologe* – наука о технике. New Webster's Dictionary (1989 г.) приводит прилагательное *technic* – натренированный в каком-либо искусстве, искусный, техничный. *Technology* (от греч. *téchne*) – это ветвь знания, которая имеет дело с промышленным искусством (деятельностью) и науками; использование такого знания; знание и средства, используемые для производства материальных (нужд) общества; терминология искусства или науки, а также техническая номенклатура.

«Исходным пунктом, – пишет В.Г. Горохов, – для анализа техники должна стать не субстанциональная её сторона (артефакты), а процедурный её аспект – способы, методы, т. е. “технология деятельности”, деятельностная сторона техники»\*. Однако здесь – издавна существующая путаница, заключающаяся в совмещении несовместимых и неперекрывающихся понятий техники и технологии. Следует понимать *вещественность* техники и *идеальность* технологии, материализующейся в действие лишь после формализации знания: что и как делать.

Наконец, бытийность, сущностность техники делает её именно в этом качестве фактором и объектом техноэволюции, конечным на каждом дискретном шаге, наглядным, зримым результатом. Ведь даже нанотехнологии появляются перед нами в виде лекарств (продукта), очередного поколения вычислительной техники, материала с фантастическими свойствами.

Конгресс США (1966 г.) в своём докладе поставил вопрос об инвестиционных технологиях; были созданы (1972 г.) Бюро – Office of Technology Assessment и Совет по оценке Technology Assessment Board. Государственный комитет по науке и технике СССР (ГКНТ) отдавал предпочтение технике и лишь в 80-х годах начал понимать предпочтительность технологии. Поэтому столь важно для России, для её инженерного корпуса, для осмысления концептуального различия техники и технологии (и других составляющих технетики), при глобальной оценке эволюции технического понять различие и не использовать в одном и том же значении выражения: Technology Assessment и немецкое Technikfolgenabschätzung. Ускоренное развитие Accelerated Technology scenarios до 2050 года в очередной раз сосредотачивается на *технологии* (и это верно).

В заключение приведём любопытную цифровую последовательность, которая может быть использована для оценки техногенного будущего. Начнём с единичного «Большого взрыва», где отдельный элемент-особь был невыделяем, где не было различия между частью и целым:

---

\* Горохов В.Г. Концепции современного естествознания и техники. М., 2000.; Горохов В.Г. Основы философии техники и технических наук. М., 2004.

$1 = 10^0$ . Взрыв породил элементарные частицы, устойчивое число которых может быть оценено числом 10: из них, как известно, Природа создала 100 устойчивых химических элементов –  $100 = 10^2$ . Из этих элементов в результате физических и химических процессов Время создало мёртвый физический мир Земли, количество всевозможных минералов на которой не превосходит 10 000, т. е.  $100^2 = 10^4$ . Затем, неизвестно почему и как, появилась жизнь со своим многообразием, приведшим к общему количеству видов около 100 миллионов, т. е.  $10\,000^2 = 10^8$ .

Теперь перейдём к предельному общему количеству видов изделий, которое ежегодно смогут выпускать в мире. Это – *предельно возможное* число видов выпускаемого при дальнейшем движении цивилизации по технологическому пути; по аналогии может быть названо число технических видов  $10^{16}$ . Тогда речь будет идти о *техноинтеллектуальном* мире – технотронной цивилизации.

Продолжая рассуждения, можно предположить, что предельное количество информационных сообщений, включая интернет-реальность (их дискретизация и классификация – вне области лекции), составит  $10^{32}$ . Ну, и уж совсем громадное число –  $10^{64}$  (как не отметить, используя подход Дж. Литлвуда, близость типа этого числа к числу элементарных частиц во Вселенной –  $10^{79}$ ) характеризует социальные системы, если бы можно было идентифицировать каждое социальное действие.

Определённая завершённость ценологической теории, находящейся в русле развивающихся представлений о диссипативных системах, синергетике, фрактальности, нелинейности, неравновесности, самоорганизации, алеатике и диатропике, бифуркациях, странных аттракторах, глобальном эволюционизме, хаосе, гиперболических распределениях и негауссовых бесконечно делимых распределениях, делает обязательным подведение теоретических итогов.

Ключевое, заключающееся в своевременности оформления науки о технической реальности (она названа *технетикой* – по аналогии с *кибернетикой*), которая, повторим, включает техническое мёртвое, живое и технетическое, собирающееся в сообщества (где действует информационный отбор), опирается и порождает информационную среду (где действует документальный отбор) и социальное общество с главенством документального отбора (где действует отбор интеллектуальный), эволюционируя по закону информационного отбора.

Технетика основывается на первой классической научной картине мира и выросла из неё; использует, естественно, вероятностные представления второй научной картины мира, но, преимущественно, опирается на свою – третью научную картину мира.

*Контрольные вопросы*

1. Дайте пример всеобщности технической реальности, преобразования биосферы в техносферу.
2. Что стоит за понятием *технетика*?
3. Перечислите и охарактеризуйте составляющие технетики.
4. Какова роль технологии в современном мире?
5. Соотнесите понятия *техника* и *технология*.
6. Покажите влияние технетики на человека (обобщённо и на конкретных примерах).

## **Лекция 4. Электрика как развитие электротехники и электроэнергетики**

Мы говорим об электрике как о науке и области практической деятельности, объектом изучения которой являются:

1) приобретение, установка, эксплуатация, ликвидация электротехнического оборудования, образующего производственную (завод), административно-хозяйственную (регион) или другую единицу-объект, выделяемую как единичная целостность;

2) получение (покупка) и использование электрической энергии как результат «рождения и жизни» завода, города.

Речь идёт о потребителе любого электрического оборудования, для обеспечения функционирования которого он же становится потребителем электрической энергии.

Двуединость определяет материальную, информационную, социальную специфику области потребления, специфику интересов, специфику проблем. И тогда правомерно рассматривать электрику как завершение развития электротехники и электроэнергетики.

Наука становится самодостаточной и признаётся самостоятельной дисциплиной, когда:

во-первых, она опирается на предшествующие знания и опыт, но сталкивается с необъяснимым в прежних понятиях, случайно или осознанно (логически) приходя к новой гипотезе, новой терминологии;

во-вторых, оказывается возможным выделить, определить, назвать область исследования;

в-третьих, результаты наблюдений, опытов поддаются проверке, независимости повторения, воспроизведения или статистической достоверности;

в-четвёртых, множество фактов укладывается в рамки новой теории, которая даёт предсказуемые результаты для явлений, процессов, необъяснимых в рамках прежнего научного знания;

в-пятых, желательна формализация (по И. Канту: «...любая из естественных наук содержит в себе ровно столько науки в собственном смысле слова, сколько она содержит математики»).

На все пять пунктов электрике есть чем ответить утвердительно.

Предъявим же абстрактно электрику как объект и статистически его охарактеризуем, обоснуем необходимость нового подхода и новой терминологии, предложим не применявшийся ранее ни в одной из технических наук аппарат негауссовой математики, покажем область применения нового ценнологического подхода и практическую значимость предлагаемой теории.

Начнём с констатации, что потребитель, как субъект электрики, не отнесён ни к субъектам электротехники, ни к субъектам электроэнергетики. Федеральный закон РФ «Об электроэнергетике» в общих положениях установил предмет регулирования и правовые основы экономических и производственных отношений в сфере электроэнергетики и определил

полномочия, основные права и обязанности участвующих в процессе производства, передачи, распределения и потребления электрической и тепловой энергии.

Субъекты электроэнергетики законом определены как организации, осуществляющие деятельность в электроэнергетике, в том числе производство, поставку (продажу) электроэнергии, энергоснабжение потребителей (*подчеркнём – до границы раздела*), предоставление услуг по передаче, распределению и сбыту электроэнергии, услуг по диспетчерскому управлению в электроэнергетике, услуг по организации процесса купли-продажи электроэнергии и её коммерческому учёту. А что такое потребители электрической энергии? Это физические и юридические «лица, приобретающие электрическую и тепловую энергию для собственных бытовых и (или) производственных нужд». Следует согласиться с формулировками закона в части точных и ясных определений.

С позиций теории и практики, потребитель действительно не есть субъект электроэнергетики, потому что электрическое хозяйство любой организации (предприятия) и квартиры (офиса), собственно и называемое *электрикой*, отличается от электроэнергетики структурой установленного электрооборудования и сетей, иным подходом к инвестициям (включая проектирование), к эксплуатации, ресурсосбережению, диспетчеризации, да и менеджменту в целом.

Может быть предложено и несколько иное определение. *Потребитель* (абонент) – физическое или юридическое лицо, которое осуществляет на возмездной основе как потребление электрической энергии (мощности), так и пользование услугами, оказываемыми субъектами электроэнергетики. Потребитель пользуется услугами и приобретает электрическую (тепловую) энергию (мощность) для собственных бытовых и (или) производственных нужд и нужд имеющихся у него абонентов.

По ГОСТ 19431–84 потребитель определён как предприятие, организация, территориально обособленный цех, строительная площадка, квартира, у которых приёмники электрической энергии присоединены к электрической сети и используют электрическую энергию.

Для России речь идёт о 42 млн потребителей (абонентов). Вместе с тем, мы утверждаем, что между потребителем, использующим в пределах одну лампочку, и крупным заводом существуют не только количественное (характеризуемое следующим ниже примером), но и качественные, фактальные и техноценологические отличия, накладывающие ограничения на создаваемые системы (не описываемые теоретическими законами электротехники и направлением «Электроэнергетика» вообще).

Количественно электрическая часть, являющаяся частью электрического хозяйства – например, электрики Новолипецкого металлургического комбината – может быть охарактеризована следующими показателями (данные за 1985 год): полчасовой максимум нагрузки  $P_m = 805$  МВт; число часов использования максимума нагрузки  $T_m = 7250$  (что определяло годовое электропотребление около 5900 ГВтч); годовой коэффициент спроса  $K_c = 0,19$ ; число электродвигателей (мощностью 0,25 кВт и выше) – 70 743 шт. средней мощностью  $P_{cp} = 45,8$  кВт; трансформаторов I–III габаритов

всего 1944 шт. средней мощностью 1079 кВА, IV габарита и выше (с печными) 132 шт./, 33 318 кВА; выключателей высоковольтных 5029 шт., в том числе на напряжение 110 кВ и выше – 69 шт.

Такое количество электротехнических изделий требует качественно иного математического аппарата для описания подобных множеств как целостности, где элементы классифицируются по видовой принадлежности. Электрическое хозяйство обычной квартиры также характеризуется большим количеством электроприёмников (табл. 4.1).

Таблица 4.1  
Электроприёмники квартиры

№	Электроприёмник	№	Электроприёмник	№	Электроприёмник	№	Электроприёмник
1	Часы	26	Ночник	51	Водонагреватель	76	Принтер
2	Люстра	27	Дрель	52	Сушилка обуви	77	Диктофон
3	Лампы	28	Вентилятор	53	Мобильный телефон	78	Бигуди
4	Детские игрушки	29	Кофемолка	54	Зарядное устройство	79	Колонки усилительные
5	Калькулятор	30	Миксер	55	Кварцевый излучатель	80	Витафон
6	Бра	31	Тестер	56	Радиатор	81	Музыкальный центр
7	Настольная лампа	32	Пульт управления	57	Лампа газовой плиты	82	Шлифовальный станок
8	Фонарь (карманный)	33	Фото вспышка	58	Компьютер	83	Центрифуга
9	Телевизор	34	Торшер	59	Кухонный комбайн	84	Соковыжималка
10	Утюг	35	Бритва	60	Игровой компьютер	85	Факс
11	Ёлочная гирлянда	36	Кофеварка	61	Морозильная камера	86	Вертел
12	Аудиомагнитофон	37	Фотофонарь	62	Мясорубка	87	Тепловентилятор
13	Фен	38	Плита	63	Тостер	88	Плед
14	Фумигатор	39	Фотоувеличитель	64	Шашлычница	89	Синтезатор
15	Кипятильник	40	Радиоприёмник	65	Щётка	90	Гитара
16	Паяльник	41	Ультрафиолетовая лампа	66	Рефлектор	91	Охранная сигнализация
17	Холодильник	42	Грелка	67	Камин	92	Ноутбук
18	Звонок	43	Зажигалка	68	Глянцеватель	93	Привод антенны
19	Стиральная машина	44	Диапроектор	69	Массажёр	94	Ростер
20	Щипцы	45	Вафельница	70	Нагреватель	95	Титан
21	Видеомагнитофон	46	Самовар	71	Подогреватель питания	96	Плитка
22	Пылесос	47	Машинка для стрижки	72	Эпилятор	97	Ксерокс
23	Фотокамера	48	Радиотелефон	73	Видеокамера	98	Киноаппарат
24	Чайник	49	Микроволновая печь	74	Ёлочная мигалка	99	Швейная машина
25	Плеер	50	Ёлочная звезда	75	Валенок	100	Озонатор

Введём определение *электрического хозяйства* промышленных предприятий (и потребителя вообще) – это совокупность генерирующих, преобразующих, передающих электроустановок и электрических сетей, посредством которых осуществляются снабжение предприятия электроэнергией и использование её в процессе технологического производства.

В электрическое хозяйство входят:

- 1) установленные и резервные электротехнические установки, электрические и неэлектрические изделия, не являющиеся частью электрической сети (цепи), но обеспечивающие её функционирование;
- 2) электротехнические и другие помещения, здания, сооружения и сети, которые эксплуатируются электротехническим или подчинённым ему персоналом;
- 3) финансовые, людские, вещественные и энергетические ресурсы; организационное, информационное, социальное обеспечение, которые необходимы для жизнедеятельности электрического хозяйства как выделенной целостности с экологическими ограничениями и ограничениями, накла-

дываемыми субъектами энергетики на электропотребление (электроснабжение) потребителя.

Электрическое хозяйство включает в себя электрическую часть электроэнергетики от 6УР до 1УР (рис. 4.1). Определение электрического хозяйства позволяет выделить электроэнергетику потребителя (электрику) и подчеркнуть, что *лишь она может решить проблемы энергосбережения и снизить вдвое электроёмкость ВВП*. Подчеркнём два важных положения.

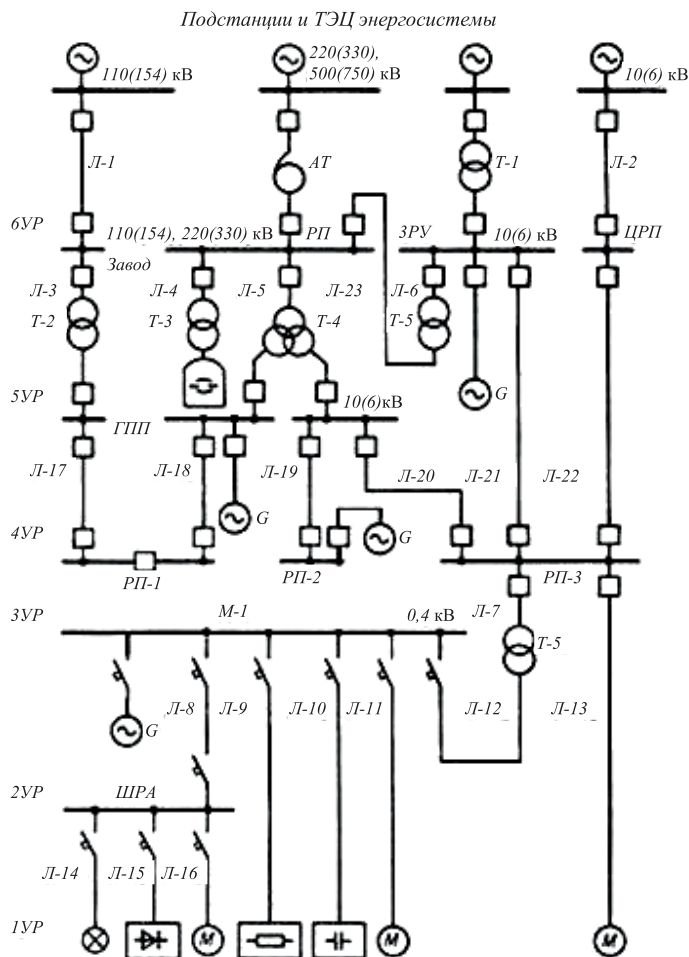


Рис. 4.1. Уровни системы электроснабжения

1. Последовавшее в 60-е – 80-е годы XX века завершение индустриализации страны и вступление России в постиндустриальное глобализирующееся общество вынудили сменить концепцию развития электроэнергетики.

2. Законы и постановления Правительства Российской Федерации последнего времени не выделили электрику, включая внутрисистемное электроснабжение как объект права, законодательных рассматриваний



(синонимы электрики: промышленная электроэнергетика; промышленное электроснабжение; внутривзаводское электроснабжение; электроэнергетика промышленных предприятий; электрооборудование – по отраслям; электрификация – по отраслям; электрическое хозяйство объектов промышленности, организаций, учреждений, сферы услуг и быта, ЖКХ, сельского хозяйства, объектов науки, культуры, спорта, ВПК; электротехнические комплексы и системы, включая их управление и регулирование; энергетические имущественные комплексы предприятий и ЖКХ, включая их управление и регулирование).

*Электротехника* включает теоретическую электротехнику, электрические машины, изоляционную и кабельную технику, электрические аппараты, светотехнику и источники света, электроакустику и звукотехнику, электротермические процессы и установки, полупроводниковые преобразователи электроэнергии, технику сильных электрических и магнитных полей. Электротехническая промышленность являлась основной технической базой электрификации страны. Таким образом, речь всегда шла об изготовлении изделий, которые затем вместе с другими изделиями, созданными другими отраслями, собственно и образуют электрическое хозяйство.

Так мы приходим к задачам электрики: представить из сконструированных и уже изготовленных электротехникой изделий некий «энергетический» образ – проект будущего объекта, чтобы документально обосновать инвестиции и подготовить рабочую документацию на электрическую часть объекта; выполнять строительные, монтажные, наладочные, приёмо-сдаточные работы; осуществлять эксплуатацию электротехнических изделий и их ремонт; обеспечивать электробезопасность и экологические ограничения, предусматривать утилизацию продуктов жизнедеятельности электрического хозяйства и его ликвидацию (в целом или части).

Как область народного хозяйства, науки и техники *энергетика* охватывает энергетические ресурсы, производство, передачу, преобразование, аккумулярование, распределение и потребление энергии.

*Электроэнергетика* выступает как раздел энергетики, обеспечивающий электрификацию страны. При этом электроснабжение рассматривается как обеспечение потребителей электроэнергией, оставляя за потребителем все проблемы использования электроэнергии от 6УР и ниже.

Таким образом, электроэнергетика ограничивается договорным разделом на 6УР, который может быть совмещён с любым уровнем системы электроснабжения электрики: 2УР – для мини-предприятий по 0,4 кВ (90 % всех предприятий страны); 3УР – для мелких (9 %) по 10/0,4кВ; 4УР – средних (0,9 %) по 10(6) кВ; 5УР – крупных. На каждом предприятии и на каждом из уровней может быть собственная электростанция (генератор), на крупных – ТЭЦ.

Уровни могут быть идентифицированы и по-другому.

- *Первый* – 1УР составляет сущность электрики и определяет схему электроснабжения потребителя (но не энергосистемы). Практически же ныне отсутствует случай (факт), когда потребитель, как это было до 1941 года, имеет строго один электроприёмник (в этом случае потребитель

и электроприёмник тождественны). Существует специфика единичных крупных энергоёмких электроприёмников, питающихся «напрямую» (например, дуговая электропечь от энергосистемы), порождая при этом множество электроприёмников, питающихся с разных уровней.

- *Второй – 2УР*, когда потребитель питается на напряжении ниже 1 кВ (в России наиболее распространено 0,4 кВ по системе 380/220 В). У этих потребителей нет экономической необходимости в штатном электрике.

- *Третий – 3УР*, когда по различным причинам (мощность, удалённость, надёжность и др.) для электроснабжения потребителя необходима установка одного или нескольких трансформаторов 10(6)/0,4 кВ.

- *Четвёртый – 4УР*, когда количество силовых и преобразовательных трансформаторов, появление высоковольтных двигателей вызывают необходимость сооружения распределительной подстанции РП 10(6), когда при этом неизбежно появляется электротехнический персонал, обслуживающий уже достаточно развитое электрическое хозяйство.

- *Пятый – 5УР*, на котором мощность и расход электроэнергии таковы, что для осуществления электроснабжения требуется ввод 35, 110 (154), 220 (330) кВ или десятки вводов от ТЭЦ, а для эксплуатации установленного оборудования и сетей создают электрослужбы и централизованные специализированные обслуживающие и ремонтные электроцехи.

Для решения большинства вопросов, связанных с выпуском нормативной документации и текущей практикой, важно формализовать выделение того потребителя, о котором идёт речь. И если О. Дерипаска даёт 1 млрд долл. на окончание строительства Богучанской ГЭС под строительство нового алюминиевого завода, то это не означает, что мелкий бизнес и новосёл могут заплатить 45 тыс. руб. за 1 кВт (как это утверждено для Москвы), т. е. 1800 долл./кВт, в то время как покупка 1 кВт генерирующего оборудования требовала в 2007 году в среднем 600–750 долл.

*Правильнее связать статус потребителя с уровнем системы электроснабжения, от которого он питается* (см. рис. 4.1) и который характеризует его электрическое хозяйство. Начнём рассмотрение с шестого уровня БУР системы электроснабжения как определяющего возможность технологического присоединения, последующие взаимоотношения с энергоснабжающей организацией, границы балансовой и эксплуатационной ответственности. Потребитель может получать питание:

- по линии электропередачи Л-1 – как правило, воздушной ЛЭП от подстанции энергосистемы или РУ 110 кВ ТЭЦ энергосистемы (в этом случае потребителю не известны или не представляют для него интереса данные по источнику питания ИП-1, и он ограничивается сведениями по ЛЭП);

- от автотрансформатора АТ районной подстанции (иногда называемой узловой – УРП, которая имеет, как правило, собственное имя – например Северная, Металлургическая, Новокузнецкая), возможное напряжение – высшее в энергосистеме, подстанция удалена на расстояние, обусловленное неэлектрическими требованиями (сохранение электроснабжения района при крупных авариях на предприятии и др.);

- от трансформатора Т-1, установленного на подстанции энергоси-

стемы, которая питает одно или несколько предприятий (потребителей), расположена вблизи, а иногда на территории предприятия и играет роль, близкую к роли главной понизительной подстанции (ГПП) предприятия;

- по линии Л-2 от одной из РУ 10(6) кВ или от ТЭЦ энергосистемы на генераторном напряжении, в этом случае БУР может проходить по шинам 10(6) кВ и, следовательно, линия Л-2 будет потребительской.

БУР – определяющий ключевой уровень. *Выше* – зона ответственности, область исследования, проектирования, эксплуатации субъекта электроэнергетики (электрические станции, электрические сети и системы). *Ниже* – зона ответственности электриков электрики. Часть от границы раздела «предприятие–энергосистема» до ТП 10/0,4 кВ и ниже, включая ГПП, РП и сети, собственно и есть электрика. Электроустановки и сети 0,4 кВ многочисленны и разветвлены, их параметры и конфигурация определяются электроприёмниками (на схеме в качестве 1УР условно показаны осветительная нагрузка, выпрямительное устройство, двигатель, нагревательное устройство). Эту часть – от ТП до отдельного электроприёмника – на предприятии и в проектных организациях называют силовым электрооборудованием, а сети (Л14–Л16 и др.) – цеховыми.

Число вводов присоединения предприятия к энергосистеме или к электростанции на генераторном напряжении – от двух и более (в некоторых случаях – несколько десятков). Возникает задача определения нагрузки предприятия: расчётного значения (проектного или договорного), суммирования показаний счётчиков или фактического суммирования, осуществляемого приборами в режиме реального времени.

Присоединение со стороны предприятия к энергосистеме можно осуществлять:

- через ОРУ (ЗРУ) 110 кВ, как для Т-2 (может быть глухой ввод кабельной линией 110 кВ);

- через РП 110 кВ предприятия, от которого питаются специальные подстанции (например, печная Т-3) и обычные ГПП (например, с трансформаторами с расщеплённой обмоткой Т-4;

- через ГРУ 10(6) кВ собственной ТЭЦ (в последние годы у потребителей устанавливаются отдельные генерирующие мощности, не образующие ТЭЦ), где установлены трансформаторы связи Т-5;

- через РП 10(6) кВ предприятий, которые иногда называют центральными распределительными подстанциями – ЦРП.

Также в последние несколько лет сформировалась тенденция установки потребителями на всех уровнях генерирующих мощностей, которые, как правило, используют вторичные и возобновляемые энергоресурсы. Перед электрикой возникла проблема присоединения этих микро- (2УР), мини- (ЗУР) и малых ТЭЦ (4УР) к сетям субъекта электроэнергетики. Необходим закон, обязывающий электроснабжающую организацию принимать от потребителя электроэнергию, выработанную этими генераторами.

Пример реального БУР приведён на рис. 4.2 для крупного металлургического комбината, у которого имеется три блок-станции (ТЭЦ) общей мощностью 600 МВт. Вокруг электростанций и узловых районных подстанций УРП формируются опорные подстанции ОП сетевых районов по-

требителей с нагрузкой от 130 до 200 МВт. Электроснабжение большинства технологических цехов и крупных энергетических объектов организовано по схемам глубокого ввода.

Говоря об уровнях, следует учитывать, что в настоящее время классифицируют потребителей по величине мощности, продолжая традиции прошлых десятилетий. Это ошибочно, если говорить об электрификации всей территории России, где 20 млн человек живёт без электричества. Есть масса населённых пунктов, где живёт 5–10–20 тыс. человек, где предприятие с нагрузкой, близкой к 10 МВт, считается крупным. Однако сегодня для потребителя вводится соответствующая «квалификация» в отношении его мощности. Согласно Правилам оптового рынка, он должен владеть «на праве собственности или на ином законном основании энергопринимающим оборудованием, суммарная присоединённая мощность которого равна или превышает 20 МВА». Указанные значения меняются, но сохраняется принцип делить потребителей не по способу подключения, а по величине мощности.

Укажем ещё на особенность объектов электрики – невозможность использования прямого счёта и среднего значения при нормировании удельных расходов электроэнергии (которые остаются выше в три и более раз относительно развитых стран по одноимённой продукции).

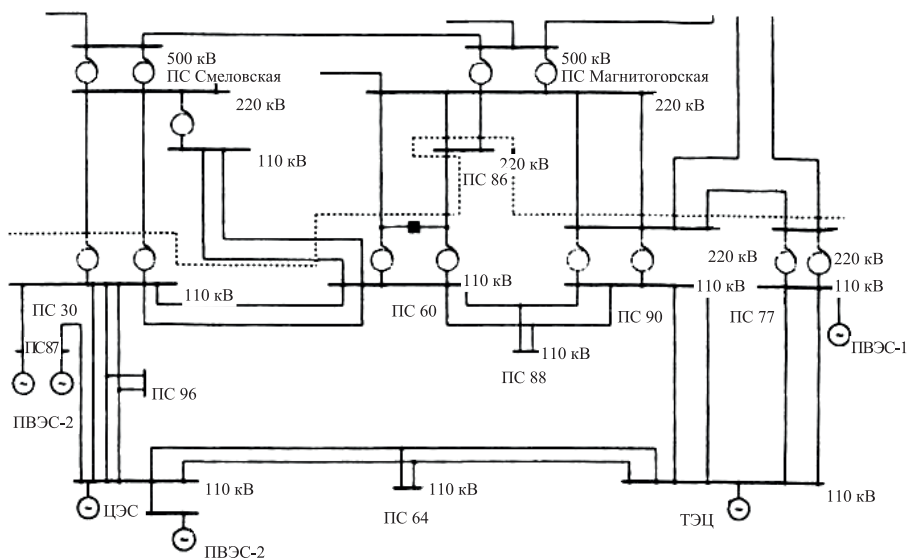


Рис. 4.2. Схема замкнутых сетей высокого напряжения

Проблема нормирования и экономии энергии возникла давно, но обострилась с индустриализацией. ЦК ВКП(б) потребовал строгой регламентации работ и осудил применение статистических методов при нормировании (1935 г.). Положение не улучшалось, а война ужесточила требования к экономии (промышленность в 1944 году потребила 82 % общего полезного отпуска энергии). Это потребовало создания Госэнергонадзора (По-

становление Государственного Комитета Оборона [ГКО] от 16.05.1944 г. «Об экономии электроэнергии в промышленности»). Для предприятий с мощностью 1000 кВт была введена должность главного энергетика, а при 3000 кВт он становился заместителем главного инженера. В Постановлении говорилось: «Технически обоснованное нормирование энергопотребления является тем главным звеном, без которого борьба коллектива энергетиков, технологов, металлургов, механиков за экономию электрической и тепловой энергии не может быть поднята на высокий уровень». ГКО обязал наркоматы утверждать в Госплане при СНК СССР технически обоснованные удельные нормы электроэнергии на основные виды продукции. При этом «энергетиками предприятий должно быть твёрдо усвоено, что методология составления удельных норм должна базироваться только на аналитически-расчётной и экспериментальной основе при всестороннем учёте всех факторов, влияющих на электропотребление, и решительно должен быть отвергнут как порочный так называемый “статистический” метод».

Стремление «подсчитать всё» сохраняется до сих пор, закреплённое системой ГОСТ по энергосбережению. Но для объектов электрики нереализуема концепция, которая требует определять общецеховые энергозатраты для изготовления заданного количества продукции и исполнения услуг за определённый период как сумму отдельных расходов на:

- 1) технологические процессы (основной и вспомогательные);
- 2) отопление;
- 3) освещение;
- 4) вентиляцию (с улавливанием выбросов);
- 5) кондиционирование;
- 6) транспортирование готовой продукции;
- 7) транспортирование, хранение отходов;
- 8) поддержание противопожарной системы;
- 9) перекачку сточных вод;
- 10) хранение готовой продукции.

Это всё не только нельзя подсчитать, но и *невозможно примерно проконтролировать* (завести все светильники под один счётчик и др.): ценологическая теория это запрещает.

Изложенное требует уточнения понятий «потребитель», «электроприёмник», «электроустановка». *Потребитель* (придерживаясь приведённого выше определения ГОСТ 19431–84 и считая его правильным) есть лицо (абонент), энергоустановки которого присоединены к сетям энергоснабжающей организации и который на границе «предприятие–энергосистема» имеет инструментальный или иной учёт параметров электропотребления.

Определение ПУЭ менее удачно: «потребителем электрической энергии называется электроприёмник или группа электроприёмников, объединённых технологическим процессом и размещающихся на определённой территории». Во-первых, оно ставит знак равенства между потребителем и электроприёмником, что физически и юридически ошибочно. Во-вторых, группу приёмников как отдельного потребителя следует выделять административно, и она не всегда объединена технологически или территориально. Следует считаться с условностью, неформализуемостью понятия

«цех» и возможностью выделения из него отделений, участков, отдельных сложных агрегатов, требующих отдельного питания и учёта электроэнергетики.

*Приёмником электроэнергии* называют устройство (аппарат, агрегат, установку, механизм), в котором происходит преобразование электрической энергии в другой вид энергии (или в электрическую же, но с другими параметрами) для её использования. По технологическому назначению приёмники электроэнергии классифицируют в зависимости от вида энергии, в который данный приёмник преобразует электрическую энергию, в частности: механизмы приводов машин и механизмов; электротермические и электросиловые установки; электрохимические установки; установки электроосвещения; установки электростатического и электромагнитного поля, электрофильтры; установки искровой обработки; электронные и вычислительные машины; устройства контроля и испытания изделий.

*Электроустановками* называют совокупность машин, аппаратов, линий и вспомогательного оборудования (вместе с сооружениями и помещениями, в которых они установлены), предназначенных для производства, преобразования, передачи, накопления, распределения электрической энергии и/или преобразования её в другой вид энергии. Электроустановка – комплекс взаимосвязанного оборудования и сооружений. Примеры электроустановок: электрическая подстанция, линия электропередачи, распределительная подстанция, конденсаторная установка, индукционный нагреватель.

Электрикам приходится создавать и эксплуатировать различные объекты, не называемые электроустановками (склад лака, инструментальная, площадка хранения кабельной продукции, электротехнический конструкторский отдел, установки пожаротушения, воздухозабор и воздухопроводы); на них распространяются другие правила безопасности и устройств, строительные нормы и правила. Часть таких объектов рассматривается в ПУЭ, например пневматическое и масляное хозяйства. Для них электрики выступают как технологи (требования ПУЭ являются основой задания на проектирование и строительство).

Специалисту электрики необходимы соответствующие знания, он должен быть готовым управлять этой большой (сложной) технической системой, оперативно решая все вопросы и увязывая все три крупные составляющие (разделы) электрификации:

- 1) электроснабжение;
- 2) электропривод, силовое электрооборудование и автоматизацию, электроосвещение;
- 3) организацию и управление электрическим хозяйством, включая электроремонт.

При этом должно выполняться целевое назначение электрического хозяйства – обеспечение потребителей электроэнергией определённого качества и/или преобразование её в другие виды энергии при заданных бесперебойности и живучести.

Обращая внимание на подготовку специалистов, отметим, что электрификация сельскохозяйственного производства и электрификация железнодорожного транспорта отнесены к разным отраслям науки. Это об-



щий процесс – в частности, электрохимические производства отнесены к отрасли «химическая технология», электрометаллургия – к металлургии. Для энергетики как отрасли технической науки и отрасли экономики естественно выделение общей энергетики, определяющей энергетическую стратегию на 10–20 лет и предлагающей решения по энергетической безопасности Российской Федерации до 2050 года и далее. Энергетика выделяет из разного рода генерирующих электрических установок электрическую часть электрических станций, электроэнергетические системы и сети (передача и распределение электроэнергии), электроснабжение. Особняком стоит специальность «Техника высоких напряжений» и быстро развивающееся «Преобразование возобновляемых и нетрадиционных видов энергии».

Особого рассмотрения заслуживает группа специальностей по электрооборудованию (по отраслям). Во-первых, таких отраслей в экономике много, и они разные (сравните состав электрооборудования текстильной или пищевой промышленности с металлургией и нефтехимией); во-вторых, у них различны электроприводы, электротехнологии и др. (привод шахтного подъёма и установки разлива стали, электролиз алюминия и гальваника механического цеха); в-третьих, существуют общие принципы построения системы электроснабжения на высших уровнях. Тогда правильнее было бы назвать специальность «Электрооборудование и электроснабжение (по отраслям)». Фактически же это и есть «Электрооборудование и электрохозяйство предприятий, организаций и учреждений», что вместе с менеджментом электрического хозяйства и определяется как электрика.

Электрическое хозяйство современного промышленного предприятия представляет собой, с одной стороны, сложную систему со множеством взаимосвязанных и взаимодействующих между собой элементов, организованных в подсистемы; с другой – сообщество слабосвязанных и слабо взаимодействующих изделий (техноценоз), свойства которого начинают проявляться с определённого количества элементов и степени сложности, точнее – с определённого уровня знания о нём. Описание (математическую модель) электрической части отрасли, предприятия, производства, цеха, отделения, участка, отдельной единицы оборудования как объекта проектирования можно реализовать через систему показателей (образов – графических, цифровых, таблично-текстовых) с соблюдением принципов иерархии систем, целостности, автономности, дополненности (сложная система во взаимодействии со средой проявляет разные свойства в различных ситуациях), действия, начинающегося с порогового значения, неопределённости, выбора, структурированности (устойчивости структуры любого ценоза) и устойчивости развития.

Математическая ценологическая *H*-теория, подтверждённая статистическими результатами, называет пределы управления структурой электрического хозяйства. Надежда, высказанная Гильбертом, что математики в XX веке овладеют способами решения оптимизационных задач, оказалась не осуществлённой, несмотря на успехи численных методов отыскания безусловного и локального экстремума, исследования операций, теории локальных экстремумов, принятия решений в условиях нечётких множеств,



альтернативных целей, интервальных и лингвистических оценок, неочевидных возможностей, нейронных сетей. Ценологический же результат во всех случаях есть число (область), выбор (да/нет) наилучшего варианта из множества рассматриваемых. Решение для данной особи-элемента ценоза есть точка, вектор-функция в  $n$ -мерном пространстве данных, ограничений, целей.

Предлагаемые критерии  $H$ -распределения заключаются в некоторых количественных ограничениях, накладываемых законом информационного отбора. Критерии, во-первых, указывают «направление» принятия «оптимального» решения и не связаны с (не)правильностью решения для отдельной особи ценоза (установка электропривода 1УР, шкафа 2УР, трансформатора 3УР, подстанции 4УР, ГПП 5УР, выбора сечения или способа прокладки отдельной ЛЭП). Во-вторых, существует обширная область «равновозможного», «равнооптимального»: ценоз не существует в статике (статичны наши модели-срезы). На структуру электрического хозяйства непрерывно воздействует множество факторов, которые умножают или порождают отдельные особи (появление вида – действие вне ценоза). Отбор устремляет ценоз в состояние «норма», обеспечивая устойчивую структуру  $H$ -распределения. В этом случае принятие решения зависит от долгосрочной цели – например, извлечение прибыли и повышение эффективности сегодня требует увеличения доли саранчовых каст (выпуск, ремонт), а конкуренция, энергосбережение – доли новых.

Приведём три примера неучёта техноценологических свойств, которые нанесли (и наносят) ущерб предприятиям (экономике). Без изменения принципов расчёта нагрузок, норм электропотребления, трудоёмкости электроремонта – т. е. самого инженерного мышления – обречены на неудачу многие проекты и решения.

*Пример 1.* Для конечного числа электроприёмников, подключаемых к 2УР (определяемому количеством линий, отходящих от шкафа), выполняя на основе представлений Ньютона–Максвелла подсчёт нагрузок, опирающийся на исследование режимов работы отдельного электроприёмника (расчёт снизу вверх). Этот подход берёт начало в 30-х годах, его математическая основа – нормальное распределение, убеждённость, что при устремлении в бесконечность количества электроприёмников коэффициент максимума  $K_m$  стремится к единице (это вытекает из нормального распределения), что существует среднее для приёмников одной характерной группы («при бесконечно большом количестве приёмников пики нагрузки отдельных приёмников перекрывались бы, и прибором показывалась бы средняя нагрузка, большая из которых за интервал и была бы расчётным максимумом  $P_p = P_m$ »). Фактически же для электрических ценозов картина иная. На 6УР–4УР никогда  $K_m$  не равен единице, статистически не доказуемо существование корреляционной зависимости  $K_m$  и числа электродвигателей. На электроприёмники 0,4 кВ накладываются единичные мощности, на два-три порядка большие, не образующие непрерывный ряд мощностей (в диапазоне, например, 10 000–30 000 кВт). Пусковые режимы и режимы КЗ не рассматривают при определении нагрузки на 6УР. Когда определяют нагрузки, не учитывают изменение коэффициента мощности,

связанное с загрузкой; практически исчезло понятие КПД, не поднимают вопрос об учёте аварийного выхода продукции, составляющего 5–10 %.

*Пример 2.* Нормирование электропотребления всё ещё предполагает возможность рассчитать, например, для каждого станка на протяжении года все работы: для каждой изготавливаемой детали, для всех технологических операций – усилия и скорости резания, время обработки, простоя, переналадки; для проката – определить расход электроэнергии в зависимости от температуры, скорости прокатки, трений в подшипниках, калибровки, технологических потерь для всех профилеразмеров и марок сталей (и этот расчёт считать достоверным на следующий год); выделить нетехнологические приёмники, разбить их на группы. Другими словами, предполагают существование среднего и конечность ошибки. Теоретически это возможно только при наличии нормального закона распределения; фактически же удельные расходы электроэнергии на кокс, прокат, по школам или однотипным квартирам различаются на один-два порядка.

*Пример 3.* Установленные и ремонтируемые электродвигатели из множества электроприёмников (а также всё электрооборудование для целей электроремонта, монтажа, заказа комплектующих) при проектировании и эксплуатации считают возможным разбить по условиям работы, степени и характеру загрузки, состоянию окружающей среды, исполнению, значению в технологическом процессе, рассчитать трудоёмкость каждой единицы по всем видам ремонта и межремонтного обслуживания системы планово-предупредительного ремонта, а затем суммированием получить «правильный» результат «в пределах инженерной ошибки».

Неучёт ценологических свойств электрики, заключающийся в исследовании отдельного элемента (единичная нагрузка электроприёмника, отдельной технологической единицы; трудозатраты на ремонт единицы электрооборудования) для реализованных проектов по генеральной совокупности предприятий чёрной металлургии, другим промышленным объектам привел к завышению расчётных нагрузок на 50–200 % (это расхождение между проектом и фактическим значением при достижении проектной технологической производительности), а не на 10 %, как предусматривали действующие нормы. Наибольшая из известных ошибок составила на семилетнем интервале 5000 % (для Оскольского электрометаллургического комбината), что долго обсуждалось, пока применение комплексного метода расчёта нагрузок с модификациями не стало всеобщим. Для норм и лимитов электропотребления ошибки составляли 20–100 %, а наибольшая – 280 % (для доменной печи Новолипецкого металлургического комбината). При расчёте трудоёмкости электроремонта (численности электротехнического персонала) прямым счётом (до выхода наших норм, разработанных с учётом ценологических ограничений) ошибки составляли 30–50 %. Наши рекомендации касались и несоответствия объёмов по ППР, и фактической численности: как и для нагрузок, они различались на 50–200 %.

Электрика как наука доказывает: существование электрического хозяйства, которое абстрактно моделируется (но не выделяется физически, в отличие от дискретного электроприёмника); устойчивость структуры установленного оборудования; действие закона информационного отбора;

возможность и практическую значимость математического описания непрерывными бесконечно делимыми негауссовыми  $H$ -распределениями.

В целом можно говорить, что век электротехники привёл к веку электроэнергетики. Они стали основой современной цивилизации и подготовили основу для века потребления – века электрики.

*Век электротехники* опирался на сложившиеся к началу XX века классические представления Ньютона–Максвелла–Лоренца: тела (поля) и движение можно представить в идеальном виде, существуют жёсткие причинные связи и следствия. Математический аппарат – дифференциальное и интегральное исчисление. При заданных исходных данных и единой системе электромагнитных единиц (введена в 1881 году, Париж; сейчас СИ по ГОСТ 8.417–2002) решение однозначно и неотлично от другого с такими же исходными данными. Существует обратимость и независимость решения от времени производимых вычислений. Это концептуальная основа теоретических основ электротехники, которые стали базой появления электроэнергетики и остаются теоретической основой электрики.

*Век электроэнергетики* (отсчитываемый у нас от плана ГОЭЛРО, 1920 г.) имел дело уже с процессами и системами (классические представления первой научной картины мира имеют соподчинённое значение). Господствующее мировоззрение – вероятностные представления, восходящие к Эйнштейну–Бору, и системно-кибернетические взгляды (Богданов, Винер, Берталанфи), реализуемые теорией больших или сложных систем, системным анализом, системотехникой, исследованием операций, теорией надёжности и массового обслуживания, многоцелевой оптимизацией. Всё это основывалось на теории вероятностей и математической статистике, предполагающей действие закона больших чисел и центральной предельной теоремы. Решение любой задачи определялось параметрами распределения, с заданной вероятностью находился некоторый интервал, в котором и существовало решение.

*Век электрики* (датируемый с 1944 года) имеет дело со структурами ценозов и информационным отбором. Электрическое хозяйство как сообщество (ценоз) слабосвязанных и слабовзаимодействующих изделий, конвенционно выделяемое как целостность, адекватно не описывается системой показателей; тождественно не равно другому электрическому хозяйству при совпадении показателей; необратимо развивается (эволюционирует). Математический аппарат – гиперболические  $H$ -распределения в видовой, ранговидовой и ранговой по параметру формах, которые не дают решения в точке из-за теоретического отсутствия математического ожидания (среднего) и бесконечности дисперсии. Однако оперирование с распределением в целом позволяет решать практические задачи строительства и эксплуатации, определения параметров электропотребления, нормирования и энергосбережения, изменения организации электроремонта и повышения эффективности электрического хозяйства в целом и по отдельным составляющим.

*Контрольные вопросы*

1. Что разделяет науку и ненаучные сферы деятельности? (Сравните астрономию и астрологию.)
2. Охарактеризуйте научную основу электротехники и области производимой продукции.
3. Определите электроэнергетику как область науки и практики, её теоретические основания. Дайте определение субъекту электроэнергетики и потребителю.
4. Приведите количественные показатели электрического хозяйства, характеризующего предприятие, организацию, сферу услуг. Отметьте имеющиеся в вашей квартире приёмники в приведённой таблице, дополните, сравните с имеющимся в купе вагона или в номере гостиницы.
5. Дайте определение электрическому хозяйству, назовите его составляющие.
6. Соотнесите уровни системы электроснабжения с применяемыми электроустановками и группами потребителей.
7. В чём практическая значимость применения ценологического подхода при определении параметров электропотребления и затрат на электроэнергию?

## Лекция 5. Негауссовость гиперболических *H*-распределений

Для выживания человечества к концу этого века и благополучия уже сейчас отдельного (каждого) индивида-человека-особи необходимо вернуться к целостному видению окружающего глобализующегося мира (так ставили этот вопрос в античности).

Третья постнеклассическая научная картина мира не отменяет, а дополняет целостное видение мира, которое (как думалось в своё время) вполне укладывается в представления Ньютона–Максвелла (первая механическая жёстко причинная научная картина мира), а затем – в пришедшую ей на смену вторую вероятностную научную картину мира Эйнштейна–Бора. Третья картина, как правильно заметил С. Д. Хайтун, не объясняет, почему мир ценологичен, и не объясняет даже, почему человек, живя в негауссовом мире, не видел этого.

По-прежнему грамотная часть человечества убеждена, что если и не всё можно точно и однозначно рассчитать (например, по Ому и Кирхгофу), то, используя среднее и дисперсию математической статистики, как в теории надёжности и страхования, можно получить приемлемый результат. И если ваш вес 70 кг и вы 10 минут шагаете, то в среднем, по Гауссу, вы расходуете 30 ккал, а если работаете один час за письменным столом – 110 ккал. «Каждый уверен в справедливости нормального закона: экспериментаторы потому, что это математическая теорема, математики – потому, что они думают, что это экспериментальный факт» (Анри Пуанкаре, 1912 г.).

Гауссово (the Gauss distributions) нормальное распределение  $p(x)$  со средним  $\mu$  и вычислимой  $\sigma$  ошибкой определяется (рис. 5.1) функцией:

$$p(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right). \quad (5.1)$$

Вероятностное распределение называют гауссовым, если для него выполняется центральная предельная теорема. Статистическое распределение называют гауссовым, если зависимость его среднего и дисперсии от объема выборки несущественна в рамках данной конкретной задачи.

Но мы живём в мире, где «средней температурой по больнице» нельзя руководствоваться. Как нельзя, опираясь на паспорт, залить в бак машины расчётное количество горючего: достаточно попасть в пару пробок или ехать разбитой дорогой, чтобы «от Гаусса» ничего не осталось (ср. увеличение расхода электроэнергии холодильником при рождении в семье ребёнка). Среднее не характеризует большинство процессов, явлений, фактов. Есть Пушкин и его окружение, Кант и масса философов раздробленной в то время Германии. Н. Винер обобщил: «Вполне вероятно, что 95 % оригинальных научных работ принадлежит меньше чем 5 % профессиональных учёных, но большая часть из них вообще не была бы написана, если бы 95 % учёных не содействовали созданию общего, достаточно высокого

уровня науки». Невозможно заранее выделить, кто из научного сообщества окажется высокопродуктивным в данной области.

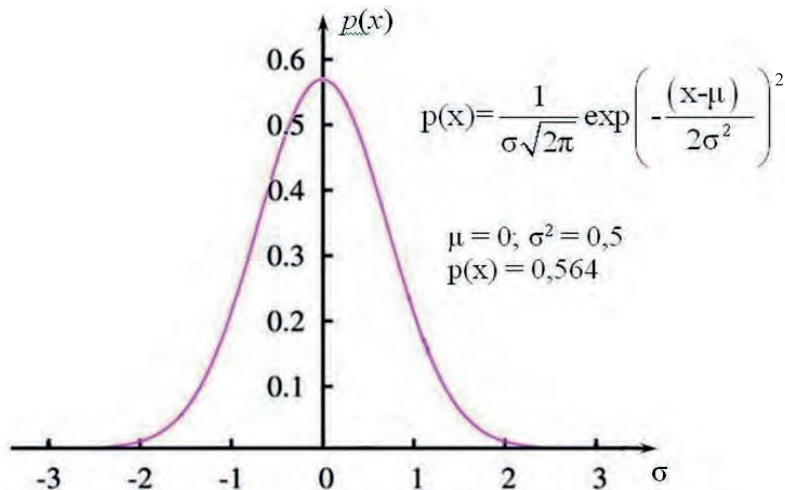


Рис. 5.1. Нормальное (гауссово) распределение

Первыми учёными, формализовавшими интуитивные убеждения об обязательности неравенства в обществе (в отличие от утопий Т. Мора) – о неизбежности расслоения по доходам, стали экономисты (Бальби, 1830 г.; Парето, 1897 г.). Известен так называемый закон Парето: социальная устойчивость общества определяется разрывом в доходах 10 % самых богатых и 10 % самых бедных. В европейских странах этот децильный коэффициент  $d$  считается безопасным на уровне 8–10. Для москвичей, кстати, по данным Мосгорстата, он сегодня не 10, а 40; по стране – 15.

В современных обозначениях область значений распределений Парето:  $1 \leq x < +\infty$ ; параметр формы  $c > 0$ ; плотность вероятности  $c x^{-c-1}$ ; математическое ожидание  $c/(c-1)$ ,  $c > 1$ ; дисперсия  $[c/(c-2)] - [c/(c-1)]^2$ ,  $c > 2$  (рис. 5.2). Гиперболический вид плотности вероятности наглядно отличает распределение Парето от нормального. Распределение Парето есть ранговое представление такого неравенства, широко известное в децильной форме:  $r = [x] = 1, 2, \dots, 9, 10$ , когда все элементы объекта (ценоза) разбиты по какому-либо параметру. По Парето распределены удельные расходы по основным видам продукции генеральной совокупности металлургических предприятий страны за 1979–1990 годы (см. сайт kudrindi.ru), но децильный коэффициент также не выдержан. По электропотреблению для 72 регионов России (как электроценоза) децильный коэффициент за 1999 год составил 30,2, для 400 крупнейших компаний России (как бизнесценоза)  $d = 64,1$  % (2006 г.), что явно нарушает закон Парето (правда, с 2004 года положение медленно выправляется).

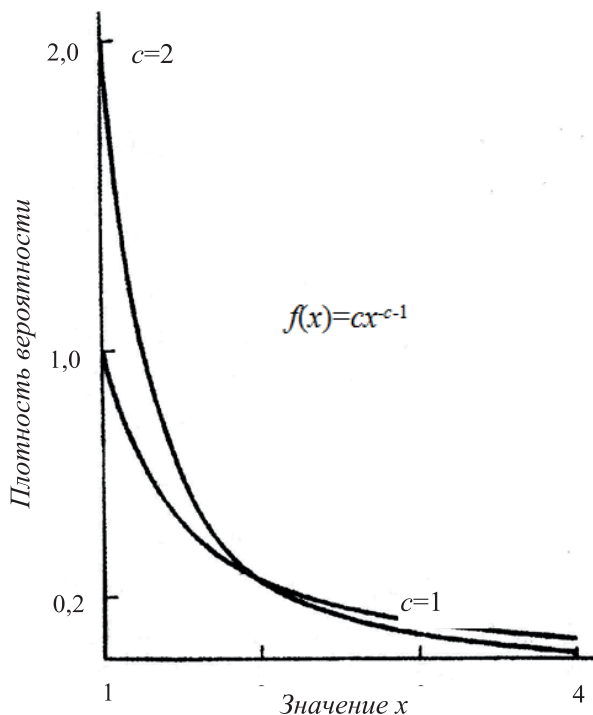


Рис. 5.2. Распределение Парето

Яблонский вводит асимптотику и представляет закон Ципфа–Парето в виде

$$p(x) \sim \frac{A}{x^{1+\alpha}}, \quad (5.2)$$

где  $A = 1/\sqrt{2\pi} = 0,3989$ ;  $\alpha = 0,5$ ;  $\gamma = 1 + \alpha$ .

Для распределения Парето при описании распределения доходов характерен показатель  $\gamma = 1,5$ . В астрономии известно распределение Хольцмарка для интенсивности гравитационного поля звёздных систем, которое имеет вид устойчивого негауссова распределения с характеристическим показателем также  $\gamma = 1,5$ . Яблонский делает вывод: «Распределение Парето может рассматриваться как эмпирический аналог асимптотики теоретического распределения Хольцмарка; ... установленная связь между законами Ципфа–Парето и устойчивыми негауссовыми распределениями ... приводит к определённым содержательным выводам; ... отсутствие конечных моментов ... указывает на необходимость критического отношения к прогнозированию по методу наименьших квадратов». Отметим, что В. Феллер, говоря о распределениях в экономике и соображениях Мандельброта для доказательства подчинённости устойчивым распределениям, называет их распределениями Леви–Парето.



Биологи начали изучать гиперболические зависимости чуть позже. Известны работы Watson (1859 г.), давшего таблицу площадей и числа видов цветущих растений в Англии, и Wallace (1910 г.) – по умеренному и тропическому климату; Kirby (1904 г.), классифицировавшего 805 видов по 209 родам. Yule (1924 г.), развивая представления J. C. Willis (1922 г.) о hollow curve, объяснил закономерность тем, что шансы образования новых видов из других внутри одного рода в любой определённый промежуток времени (час, год, столетие) постоянны для всех времён. Он подчёркивает, что имеется почти прямая линия отношения логарифма числа видов, образующих один род, к логарифму числа родов.

Была показана применимость гиперболической модели для исследования структуры биоценозов (соотношения редко и часто встречающихся видов), и доказана устойчивость структуры вне зависимости от времени и пространства, от рассматриваемого семейства. Подтверждающая статистика обширна; отметим, что моделью не различимы, например, распределения птиц Приобья по длине крыла, млекопитающих Туркмении по размерам, высоковольтных кабелей Запсиба по длине. Исследуются виды по числу особей, представляющих зоологический и ботанический виды в малых и больших районах; соотношение видов в высших группах, их распределение по классификации; разнообразие как измеримая характеристика популяции; распределение частот паразитов в организмах хозяев (или на них); проблемы внутривидового соревнования и статистической экологии.

C.B. Williams рассматривает неопубликованные тезисы Stanley Garthside (1928 г.), сделавшего вывод: «несмотря на большое количество особей, которым характеризуются некоторые виды, большое количество видов представлено сравнительно малой численностью», и пишет (1964 г.), что если  $n$  – число особей какого-либо вида (численность популяции) и данные значения представить логарифмами, то между  $n_i=1$  (ноева каста) и  $n_i$  кривая близка к прямой ( $i$  – численность популяции каждого вида, образующего касту-группу видов одинаковой численности). Отношение количества видов к числу особей, численность которых одинакова для всей выделенной группы видов (касты), выражается равенством:

$$S = c / n^m, \quad (5.3)$$

где  $m$  и  $c$  – константы (очевидно, что [5.3] отличается от [5.2] только обозначениями). Прямолинейное отношение бывает, когда  $\log S + m \log n = \text{const}$ , которая представляет гиперболу, если  $m = 1$ .

Но основная модель, принятая Williams – логарифмический ряд Фишера (1943 г.), в которой  $x$  – константа, меньшая единицы;  $n_i = \alpha x$ ; число видов  $S = \alpha(-\log[1 - x])$  и число особей  $U = \alpha x(1 - x)$  (при  $x = 1$  ряд расходится). Фишер заметил ограничение 10 % на число особей для редких видов. Я говорю о 5–10 % особей, образующих ноеву касту (это 40–60 % видов), и 5–10 % числа видов – касту саранчовую (40–60 % особей). Williams, отсылая к первоисточникам XIX века, где качественно описывается явление, многократно подчёркивает, что половина видов – редкие и, будучи уверенным в гиперболическом характере зависимости (5.3), приводит результат

одной из своих выборок (рис. 5.3), имея собственную статистику (по Англии) числа насекомых в среднем за год – 3902 особи и 176 видов (1933–1936 гг.). Гипербола (см. рис. 5.3) удивительно точно соответствует 2,5 тыс. выборок электрических машин и трансформаторов, установленных в промышленности и охватывающих свыше 2 млн штук-особей.

Первое статистическое исследование информценозов на основе массива публикаций провёл А. Лотка (1926 г.), подсчитавший учёных, написавших одну  $n_1$  (ноева каста), две, три статьи и т. д. в журнале Chemical Abstracts за 1907–1916 годы и получивший для числа учёных (видов)  $n_i$ , опубликовавших  $i$  статей (особей), зависимость:

$$n_i = n_1 / i^2; \quad i = 1, 2, \dots, i_{\max}, \quad (5.4)$$

где  $i_{\max}$  – максимальная продуктивность учёного (удивительно, но статьи Эйлера, которых он написал около 1000, должны быть отнесены к саранчовой касте: Эйлер остаётся видом (личностью) и в  $H$ -теории, и в вечности).

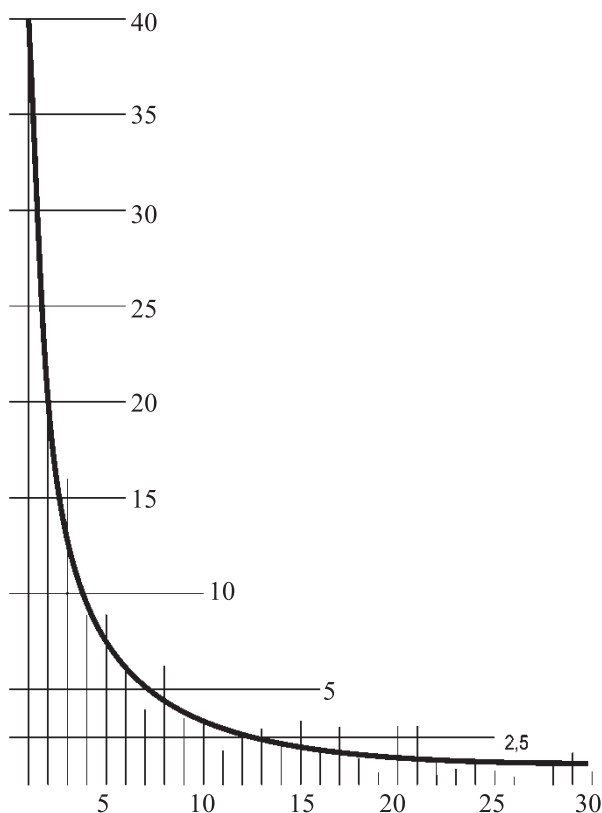


Рис. 5.3. Распределение числа насекомых, попавших в световую ловушку (Англия, 1993 г.)

Если  $L$  – общее число учёных-авторов (в нашей терминологии – словарь  $S$ ) данного массива (текст  $T$ ), то вероятность числа одностатейников

$n_1 : p_1 = n_1/L = 0,6$ . После преобразования (деления обеих частей формулы на общее число авторов  $L[S]$ ) получим частотное распределение

$$p_i = 0,6/i^2; \quad \sum_{i=1}^{\infty} p_i = 1 \quad (5.5)$$

Это и есть закон Лотки (или закон обратных квадратов). Инвариантность закона Лотки (5.5) на множестве научных областей позволяет говорить о нём как об основной наукометрической закономерности распределения научной продуктивности в определённых (выделенных) информценозах. Но в общем случае показатель степени может быть не равен двум:

$$n_i = n_1 i^{1+\alpha} = n_1 / i^\gamma, \quad (5.6)$$

где  $\alpha$  – характеристический показатель ( $\gamma = 1 + \alpha$ ;  $0 \leq \alpha < 1$ ).

Соотношение (5.6) называют гиперболическим негауссовым распределением, говоря, что распределение научной продуктивности в общем виде определяется  $n_1$ ,  $\alpha$ ,  $i_{\max}$  (закон «квадратного корня»  $i_{\max} = \sqrt{n_1}$  в технике статистически не подтверждается).

Обратимся к закону Ципфа как наиболее известному закону негауссовой статистики. «Математики верят в закон Ципфа потому, что лингвисты постановили считать его лингвистическим законом, а лингвисты, со своей стороны, верят в него потому, что математики постановили считать его математическим законом» (Густав Хердан, 1962 г.). С.Д. Хайтун различает термины *циффовое распределение* [Zipfian distribution] и *циффово распределение* [the Zipf distribution]. Циффовое распределение, не являющееся распределением Ципфа, отклоняется от него в области малых значений переменной. Во многих случаях это отклонение является следствием процедуры формирования выборки.

В большинстве публикаций на рассматриваемую тему говорят о первом законе Ципфа, где частота  $F$  встречаемости слова в тексте, достаточно цельном, примерно обратно пропорциональна его рангу  $r$  в частотном распределении «ранг–частота» (в моей терминологии – ранговидовое):

$$F = cr^{-1}; \quad c = Fr \quad (5.7)$$

где  $c$  – константа.

В (5.7) ранг  $r = 1$  присваивается наиболее часто встречающемуся слову,  $r = 2$  – следующему по встречаемости. Вот первые пять рангов из Лермонтовской энциклопедии:  $r = 1$  – слово-союз «И»,  $F_1 = 14\,021$ ;  $r = 2$  – местоимение «Я»,  $F_2 = 10\,976$ ;  $r = 3$  – предлог «В»,  $F_3 = 8\,636$ ;  $r = 4$  – частица «НЕ»,  $F_4 = 7\,664$ ;  $r = 5$  – местоимение «ОН»,  $F_5 = 7\,018$ . Элементарное попарное умножение приведённых цифр, по (5.7), указывает на значительное отклонение от закона Ципфа. Поэтому, приступая к объяснению содержания

феномена негауссовости и имея в виду социальные статистические распределения индивидов по доходам, учёных по числу публикаций и др., распределение Ципфа записываем в виде:

$$n(x) = C / x^{1+\alpha}, \quad 0 < x^0 \leq x \leq J, \quad 0 < \alpha < \infty. \quad (5.8)$$

Второй закон Ципфа «количество – частота»: когда по оси  $x$  откладывают частоту вхождения слова, а по оси  $y$  – количество слов в данной частоте. Это, в нашей терминологии, видовое распределение, и правильнее говорить не о частоте, а о численности популяции (по оси  $x$ ), и это не ранг; по оси  $y$  – о количестве видов, популяции которых имеют одинаковую численность. Тогда при  $i = [x]=1$  редкие уникальные виды образуют новую частоту (выражение [5.8] в общем виде применимо для обоих законов).

Как отметил Мандельброт, теория частот слов возникла на грани двух научных направлений – теории информации и психолингвистики. Теория информации сформировалась окончательно в двух статьях Клода Шеннона, опубликованных в 1948 году. Её основу составляет своеобразное сочетание понятий *алгоритм* (первой научной картины мира) и *случайность* (второй) – древнейших и фундаментальнейших научных идей. Эти понятия проникли вначале в статистическую механику (ок. 1900 г.), а затем – в квантовую механику (ок. 1925 г.). Работа К. Шеннона 1948 года дала возможность описать структуру языка алгоритмами кодирования и учесть непредсказуемость при помощи марковской модели, которая родилась у Маркова при анализе «Евгения Онегина». Шеннону принадлежит заслуга интерпретации энтропии как «меры количества информации». Им была предложена также идея описания структуры системы с использованием степени её беспорядка, измеряемой функцией вероятностей различных событий.

Частоты отдельных букв в комбинациях, составленных из последовательностей букв, давно приняли во внимание криптографы и телеграфисты. За десятилетия до обоснования теории информации Самюэль Морзе знал, что возможно использование простейшей комбинации точек и тире для обозначения наиболее частых букв, а криптографы ещё за столетия до этого учитывали частоту букв. С точки зрения статистического моделирования, отдельные буквы слишком малы, чтобы быть существенными единицами. Знание частоты распределения букв не облегчает работу с более длинными кусками текста. Слова удобны для теоретиков. Несомненно, понимание текста опирается на объекты, длина которых приблизительно равна длине слова, и имеются веские причины, чтобы начать с изучения слов, которые можно определить как последовательности букв между двумя ближайшими пробелами (первым исследователем в этой области был стенографист французского парламента Ж.-Б. Эступ, 1916 г.).

Возьмём большой кусок текста одного автора и проранжируем все слова в порядке убывания частоты их появления (получим ранговидовое распределение). Слово ранга 1 чаще всего встречается в последовательности букв, заключённых между двумя ближайшими пробелами, в английском языке таким словом является *the*, но в некоторых случаях им может быть *I*. Слово

ранга 2 чаще всего встречается в тексте, если исключить слова ранга 1. Слово ранга 3 чаще всего встречается, если исключить слова ранга 1 и 2 и так далее. По Мандельброту, существуют редкие слова, которые в данном куске текста встречаются один или два раза. Их ранг не определён и даже несуществен, и, таким образом, их можно ранжировать произвольно (для техники вообще и для электрики в частности это не так).

Б. Мандельброт называет два приближения, принимаемые Ципфом:

1) для выборки длиной  $K$  и  $i(r, k)$ , где  $r$  – ранг, функция от  $\log r$  представляет прямую линию с угловым коэффициентом  $-1$ ;

2) закон справедлив для любого текста и любого языка.

При этом он делает два замечания:

1) некоторые наиболее часто повторяющиеся слова не удовлетворяют этому закону; фактически в таких языках как французский, определение «слова» неясно в случае сокращённых форм, например, как  $l'$ , принадлежащих к наиболее часто повторяющимся, подобно *the* в английском, и в русском, так что распределение наиболее частых слов недетерминированно;

2) найденные графики  $\log i(r, k)$  не параллельны, и закон частот слов зависит от того, что называется «богатством словарного запаса» субъекта. Обобщая, приходим к описанию ранговой дифференциальной формы распределением Мандельброта (или законом Ципфа–Мандельброта), исправляющего эффект рангового искажения (рис. 5.4):

$$i_r = A/(r + B)^{1/2}, \quad (5.9)$$

где  $(n_1/\alpha)^{1/\alpha} = A$ ;  $n_i/i_{\max}^{\alpha} = B$ . При  $i_{\max} \rightarrow \infty$  (а следовательно  $B \rightarrow 0$ ) приходим к гиперболическому ранговому распределению Ципфа.

Возвращаясь к закону Лотки и принимая  $\alpha = 1$ , выражение (5.9) записываем в виде:  $i_r = n_1/(r + \alpha)$ , где  $\alpha = n_1/i_{\max}$ . При  $i_{\max} \rightarrow \infty$  и это выражение переходит в закон Ципфа.

Ю. Орлов, независимо от значения параметра  $\alpha$  в (5.8) и (5.9), утверждает, что существует большая группа одноразовых слов (ноева каста), что позволяет записать:

$$p_n = 1/N, \quad (5.10)$$

где  $N$  – объём выборки (длина текста  $T$ ). Выборка, частотная структура которой подчинена обобщённому закону, определяется как ципфовский объём (представление о такой величине введено Ципфом под названием «оптимальный объём»).

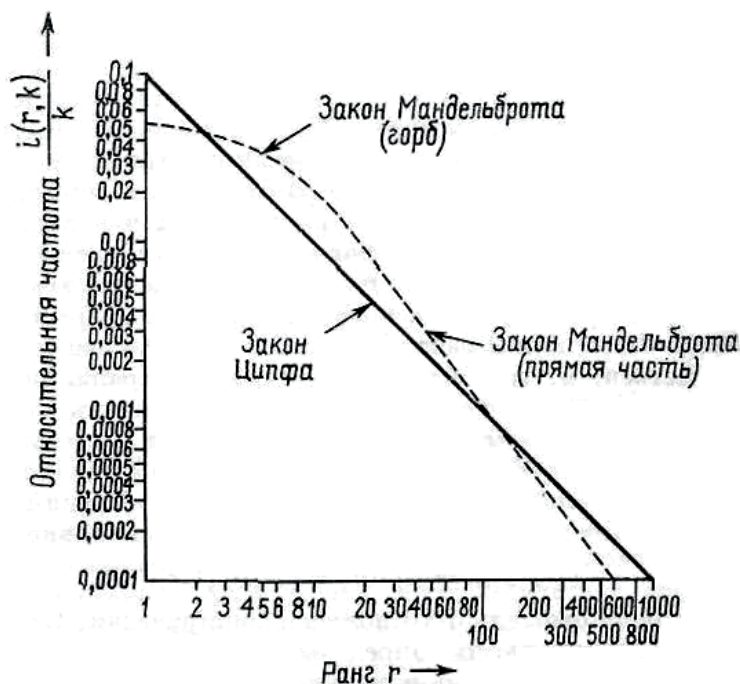


Рис. 5.4. Закон Ципфа и Мандельброта в логарифмическом масштабе

Модельный текст Орлова предполагает неограниченный статистически однородный текст:

- 1) вероятность употребления каждого слова не зависит от позиции этого слова и ранее использованных слов (разные распределения приводят к одинаковым математическим ожиданиям числа редко встречающихся слов);
- 2) на выборке любого объёма из текста имеются одноразовые слова (словарь текста бесконечен);
- 3) на выборках фиксированного объёма  $Z$  из этого текста выполняется обобщённый закон Ципфа–Мандельброта.

При изменении объёма частоты частых (саранчовых) слов останутся неизменными. Но последний член в эмпирическом наборе частот будет иным. Значит, если  $N < Z$ , набор будет иметь меньше членов, чем набор на объёме Ципфа; и наоборот, если  $N > Z$ . Орлов делает важный вывод: частотная структура модельного текста не может быть стабильной — она есть функция объёма выборки (при  $N < Z$  число одноразовых слов — больше половины словарного запаса).

«Таким образом, чем больше величина  $Z$ , тем быстрее с ростом выборки нарастает словарь\*. Это значит, что не только от значения  $\alpha$ , но и от значения объёма Ципфа зависит относительная насыщенность словаря текста, поскольку в пределах одного языка  $p_1$  и  $\alpha$  можно считать вполне при-

\* От ред.: в технике это не так.



емлемой мерой лексической концентрации». Целесообразность принятия гипотезы о «ципфовском» спектре защищается Орловым и на статистике электрики (ремонтируемые электродвигатели по месяцам и годам на Новосибирском металлургическом заводе).

Шрейдер, говоря о Ю.К. Орлове и обсуждая мои результаты, констатировал, что тот первым обратил внимание на значимость более тонких закономерностей ранговых распределений (наличие большого количества слов единичной встречаемости – ноевой касты) и на то, что «качество выполнения закона Ципфа для данного текста определяется не его объёмом, но свойством быть целостным текстом. Последнее уже явно не согласуется с вероятностной парадигмой, требующей, чтобы увеличение выборки влекло за собой улучшение соответствия между наблюдаемыми частотами и теоретически предсказанными вероятностями событий». Во всех случаях важно предположение о константности этих параметров для одного автора, одной эпохи, литературного направления, независимости значений этих параметров от объёма текста. Стиль текста можно охарактеризовать с помощью ограниченного числа параметров, к которым относятся длина предложения, соотношение частей речи, некоторые «конструкционные» элементы текста: артикли, предлоги, союзы, частицы. Речь, в сущности, идёт о характеристиках синтаксической структуры текста (табл. 5.1).

Считая словоформой произвольную последовательность кириллических букв, В.А. Капустин и А.А. Ямсен исследовали ранговую статистику на монотематической коллекции русскоязычных текстов объёмом словоупотреблений около 68 млн (после очистки словоформ получено  $U = 56\,856\,781$  словоупотреблений – длина текста  $T$ ; объём  $V = S$  словаря –  $351\,457$  слов). Установлено заметное отличие от Ципфа (5.7): относительное отклонение в логарифмическом масштабе составило в среднем около 10%, заметно превысив 50% для точки с наивысшим учтённым рангом (292 277). Была осуществлена подгонка по всем измеренным точкам двумя зависимостями с отклонением до 5%:

первая с  $\alpha = k_1 = 0,76$  для рангов до 4 490;

вторая с  $\alpha = 1,76$  – для больших рангов (переход от одной зависимости к другой лежит в области рангов  $10^3$ – $10^4$ ).

Измеренные значения (как ранги, так и частоты) изменяются в области подгонки на шесть порядков. Это делает более или менее бессмысленным минимизацию суммы квадратов отклонений теоретической кривой от измеренных точек, поскольку для больших рангов (и, соответственно, малых частот) сами частоты (и, соответственно, отклонения теоретической кривой от измеренных точек) на шесть порядков отличаются от значений (и отклонений) в области малых рангов (высоких частот). Эти расхождения не следует относить на счёт арифметических ошибок в подсчётах (сравним, например, данные таблицы, а также исследования повести А.С. Пушкина «Капитанская дочка», в которых Ю.К. Орлов и Г. Йоссельсон отдельно получили соответственно  $T(U)$ , равное 28 621 и 29 345;  $V(S)$  – 4783 и 4900).

Понятие слова как элемента текста достаточно расплывчато. Первичным понятием является целостный текст (коллектив учёных), а индивидуальные слова в этом тексте (авторы) не могут быть определены без из-

вестной доли произвола. Индивидуальностью обладает текст, а не слово – в противовес классической вероятностной концепции, считающей, что первоначальным понятием является как раз слово, и можно говорить о «поведении» слова в разных текстах. Индивидуальные характеристики слова (вообще, индивидуального элемента) принципиально имеют некоторую неопределённость.

Таблица 5.1

Параметры видовых распределений различных ценозов

Наименование ценоза	$S$	$U$	$A$	$\gamma$	100 $\sigma$	$\overline{H}$
«Комсомольская правда», 18.12.1975 г.	2966	7710	0,377	1,92	16,16	1,52
«Кузнецкий рабочий», 30.09.1976 г.	3404	9165	Ряд утерян			2,69
«Евгений Онегин»	4596	20732	0,353	1,97	13,54	1,78
Карметкомбинат, май 1976 г.	1968	24721	0,182	1,80	4,92	2,91
Элементы, по Ферсману	83	беск.	0,507	1,50	0,91	1,56
Изотопы, по Чердынцеву	287	беск.	0,349	1,93	14,05	1,54
Творчество Ботвинника	153	831	0,327	1,14	1,09	2,23
«Мастер и Маргарита»	401	2 089	0,501	Не подсчитывали		5,21
$\overline{H} = \Sigma(\frac{u_i}{U})\ln(\frac{U}{u_i})$ – показатель разнообразия Шеннона; $d = U/S$ – повторяемость.						

Показанная общность гиперболических моделей для социальной, биологической, информационной реальностей говорит о наличии единого структурного механизма формализования ценозов как целостности. Применительно к технической реальности мы впервые в мире говорим не только о едином структурном механизме формирования всего технического (технетики) как целостности, но и о направленном необратимом векторе технэволюции, определяемом законом информационного отбора. Общность ставит вопрос о фундаментальности явления, о необходимости привлечения математических представлений, опирающихся на постнеклассическую третью научную картину мира. Соответствующий аппарат, как негауссова математика, разработан академиками Хинчиным, Колмогоровым, Гнеденко в 30-е – 40-е годы XX века.

Гауссова математическая статистика моментов базируется на допущении независимости моментов статистического распределения от объёма выборки. В общем случае выборки мыслятся как конечные объёмы. Для вероятностных распределений пределы применимости аппарата моментов определяются центральной предельной теоремой теории вероятностей, которая говорит о том, какую форму имеет распределение выборочного среднего  $1/x$ . Если для распределения  $f(x)$  существуют конечные среднее и дисперсия, то с ростом объёма выборки распределение  $\overline{X}$  приобретает форму нормального распределения Гаусса (см. рис. 5.1).

Вероятностные распределения, для которых не выполняется центральная предельная теорема, называют негауссовыми. Для них первые два момента (математическое ожидание и дисперсия) оказываются бесконечными. Увеличение выборки, каждый раз конечной, не повышает точность (достоверность), а снижает её. Существует предельная теорема, принад-

лежащая Б.В. Гнеденко (1939 г.) и В. Дёблину (1940 г.), которая гласит: для сходимости распределений нормированных сумм одинаково распределённых независимых случайных величин к устойчивым распределениям, отличным от нормального, необходимо и достаточно, чтобы при  $x \rightarrow \infty$  имело место

$$\begin{aligned} F(-x) &\sim C_1 \frac{h_1(x)}{|x|^\alpha}, \quad 1-F(x) \sim C_2 \frac{h_2(x)}{|x|^\alpha}, \\ C_1 &\geq 0, \quad C_2 \geq 0, \quad C_1 + C_2 > 0, \quad 0 < \alpha < 2. \end{aligned} \quad (5.11)$$

Здесь  $h_i(x)$  – функции, медленно меняющиеся в смысле Карамата, т. е. такие, что для всех  $t > 0$   $\lim_{x \rightarrow \infty} \frac{h_i(tx)}{h_i(x)} = 1$ .

Устойчивые распределения, можно сказать, не выражаются в явном виде, что и определяет сложность их использования, которое возможно лишь через характеристические функции. В явном виде наиболее известны три устойчивых распределения: Гаусса – при  $\alpha = 2$  и показателе асимметрии  $\beta = 0$ ; распределение, соответствующее  $\alpha = 0,5$ ,  $\beta = 1$ ; Коши – при  $\alpha = 1$ ,  $\beta = 0$ , асимптотика которого при  $x \rightarrow \infty$   $p(x) \sim A/x^{1,5}$ .

Распределение с  $\alpha = 0,5$  и  $\beta = 1$  имеет вид

$$p(x) = \frac{1}{2\pi} x^{-3/2} e^{-\frac{1}{2}x}, \quad (5.12)$$

При  $x \rightarrow \infty$   $p(x) = \frac{1}{2\pi} x^{-3/2}$ , что можно записать в виде закона Ципфа–Парето:

$$p(x) = A/x^{1+\alpha} = A/x^{1,5}, \quad A = 1/\sqrt{2\pi}, \quad \alpha = 0,5.$$

Можно отметить существенные свойства устойчивых распределений.

1. Все устойчивые законы одновершинны.
2. Для каждого устойчивого закона  $V(x)$ , за исключением нормального и единичного, существуют такие числа  $\alpha$  ( $0 < \alpha < 2$ ) и  $c > 0$ ,

что  $\lim_{x \rightarrow +\infty} x^\alpha \{1 - V(x) + V(-x)\} = c$ .

Совокупность всех функций распределения  $F(x)$ , притягивающихся к  $V(x)$ , называют область притяжения закона  $V(x)$ . Все устойчивые законы распределения (и только они) имеют области притяжения. Все устойчивые законы, за исключением несобственных, непрерывны и имеют непрерывные производные всех порядков.

3. Только нормальный закон среди всех устойчивых законов имеет конечную дисперсию. При  $1 < \alpha < 2$  устойчивые законы имеют математическое ожидание, при  $0 \leq \alpha \leq 1$  устойчивые законы не имеют ни дисперсии, ни математического ожидания.

Шрейдер постулирует, что минимальное значение гиперболической

функции (5.2), т. е. высота последней ступеньки, равна единице (закон Парето–Ципфа этот вопрос не рассматривает [рис. 5.5]). Тогда вопрос сводится к тому, какое значение принимает на правом конце интервала  $m(1)$  гипербола для объёма словаря  $V$  и длины текста  $T$ , т. е. каково значение  $F_{\min} = \beta$ , где  $\beta = F_{\max}/V$ . Тогда

$$T = \beta V \ln V. \quad (5.13)$$

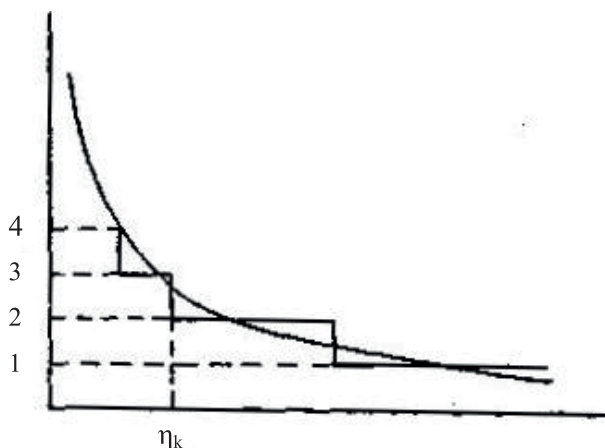


Рис. 5.5. Гипербола и приближающая её ступенчатая функция

Из общих соображений  $1 \geq \beta \geq 1/2$  (рис. 5.6). Задаваясь неравенствами, определяющими «размер» ранга и требуя равновеликости  $m(1)$  и площади под последним фрагментом гиперболы, формируют некоторое важное условие «правильности» текста: текст не только должен содержать слова с частотой 1, но доля таких слов в объёме всего словаря  $V$  строго определена:

$$\mu(1) = \frac{F_{\max}}{\beta(\beta + 1)} = \frac{\beta V}{\beta(\beta + 1)} \approx 0,604V, \quad (5.14)$$

а это 5–10 % объёма текста  $T=U$ .

Присутствие слов с частотой 1 в любом тексте является важным и а priori не очевидным свойством текстов, которое в рамках традиционной вероятностной концепции может быть объяснено только с помощью довольно искусственного, формулируемого ad hoc требования на доверительные интервалы.

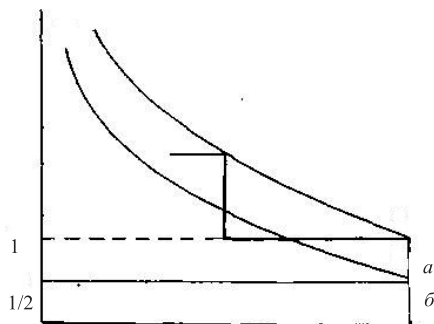


Рис. 5.6. Два крайних положения гиперболы относительно последней ступени:  
а)  $\beta = 1$ ; б)  $\beta = 1/2$

Все рассуждения, относящиеся к замене закона Ципфа в его простейшей форме (5.2) ступенчатой функцией, могут быть аналогично проведены и в случае, когда  $\alpha \neq 1$ , причём оказывается, что  $\beta$  является функцией  $\alpha$ . Параметр  $\beta$  (при фиксированном  $\beta$ ) определяет в коллективе долю таких участников, которые в точности удовлетворяют минимальному «цензу», позволяющему им стать членами коллектива.

Всеобщность  $H$ -запретов, взрыв исследований и публикаций по хаосу, самоорганизации, фрактальности, с одной стороны, а с другой, экономические и социальные проблемы глобализации, компьютеризация и интернетизация всех сфер общественной и частной жизни, требуют вразумительного объяснения, что есть окружающее, как в нём выжить, каково будущее и риски в нём. Не ставя целью предложить ответы, отметим несовершенство моделей Парето–Лотки–Виллиса–Ципфа–Мандельброта. Лермонтов употребил союз «и» 14 091 раз. А если бы на 5 тыс. меньше или больше – стало бы лучше или хуже? Что такое «хвост» гиперболы и его физическая сущность? Разбору этого будет посвящена следующая лекция.

Существует мнение, что в человекомасштабных размерах основные законы бытия – открыты. Например, «Российский химический журнал» (№ 3, 2007 г.) отметил, что создание общей теории химии в основном завершено, максимум в развитии пройден, и очень мала вероятность открытия новых законов, которые могли бы существенно изменить наши представления. Ситуация близка к положению в физике в начале прошлого века, когда «добрались» до атома, в биологии – до гена, в химии – до системы элементов Менделеева.

Напомним, что именно время открытия основных законов и договорённости о единицах электричества дают основания назвать XIX век веком электротехники. Сошлёмся на журнал «Электричество»: «1888 год не принёс ничего выдающегося в области теории электричества... Можно, по-видимому, сказать, что в истории электротехники уже кончился первый период блестящих открытий как различных приборов, так и новых процессов применений электричества».

На этом этапе развития науки и общества оказалось необходимым принять вероятностные представления второй картины мира, а сегодня стало неизбежным осознание третьей научной картины мира.

Строгое математическое объяснение гиперболического распределения и экспериментальное подтверждение  $H$ -зависимости в мёртвой и живой природе, технической, информационной, социальной реальностях позволяют говорить, во-первых, о фундаментальности открытого явления; во-вторых, об отсутствии объяснения самого факта неприменимости математического ожидания (среднего), удовлетворяющего научное сообщество. К сожалению, медленно происходит восприятие мировоззрения третьей научной картины мира властью, наукой, бизнесом и, как следствие, – продолжающееся принятие решений, которые не учитывают ценологические ограничения.

### *Контрольные вопросы*

1. Приведите из электромеханики примеры действия нормального распределения. Поясните понятие «инженерная ошибка». Оцените вероятность попадания (со смертельным исходом) под напряжение.
2. Охарактеризуйте гиперболические распределения на примере биоценозов и назовите новые и саранчовые ограничения.
3. Поясните на конкретном примере технического текста (объёмом 1600 знаков) первый закон Ципфа.
4. На примере законченной газетной статьи (до 2000 знаков) поясните второй закон Ципфа.
5. Критически рассмотрите предложения Мандельброта по исправлению ципфовских построений.
6. Разберите подход Шрейдера, показавшего завершённость гиперболы для видового распределения при  $y = 1$ , и сравните его ограничения с ограничениями, предлагаемыми для биоценозов.
7. Назовите существенные свойства устойчивых бесконечно делимых негауссовых распределений.



## Лекция 6. Отличие ценологического *H*-закона от законов и распределений Парето–Хольцмарка–Виллиса–Лотки–Брэдфорда–Ципфа–Мандельброта

Сейчас не осталось ни одной науки и области человеческой деятельности, где не понимали бы, во-первых, что не всё однозначно и не всё поддаётся расчёту алгеброй (физикой); во-вторых, что «средняя температура по больнице» не есть показатель чего-либо. Мы живём в мире, где критерии человечности размазаны, количество вещей и ситуаций безгранично, а решения надо принимать в условиях неполной недостоверной информации и немедленно. Используя понятия ценоз (*cénose*, фр; *cenosis*, англ.), *ценологические исследования*, *ценологический анализ*, *ценологическое мировоззрение*, предложим новую математическую *H*-модель, которая впервые в мире проверена на технических (электрических) ценозах и имеет статус закона.

Введение Мёбиусом (1877 г.) термина *биоценоз* дало наполнение термину *экология* Геккеля (1866 г.), а термины *экосистема* Тенсли (1935 г.) и *биогеоценоз* Сукачёва (1940 г.) привели к появлению сегодняшней экологии в её классической форме, где биоценология замкнулась на самой себя. Не была увидена математическая и понятийная общность с работами Парето (социология), Хольцмарка (астрономия), Лотки (научная продуктивность), Виллиса (биология), Ципфа (лингвистика), Брэдфорда (рассеяние информации), Мандельброта (информатика); не осознана фундаментальность теоремы Гнеденко–Дёблина, что для устойчивых распределений неустойчивых частот почти все устойчивые плотности не выразимы в элементарных функциях (через обычные формулы). Устойчивые плотности (кроме гауссовой) убывают при больших значениях аргумента приблизительно, как гипербола, что и составляет формальное представление ценологического подхода.

«Правильная» гипербола получается, когда произведение вероятности  $\lambda(r)$  обнаружения особи  $u_i$  в тексте длиной  $T$  (словарь видов которого имеет объём  $V$ ) и ранга частоты  $r$  даёт константу  $b$ . Каждая особь должна быть отнесена к какому-либо виду  $s_j$ . Объединяя особи одного вида, получим группы – популяции. Наибольшей по численности популяции (саранчовая каста) присваивается первый ранг  $r_1=1$ , вероятность ее появления  $\lambda(1)$ , и далее по убывающей  $\Lambda(r)$  выстраивают все популяции, число которых оказывается равным числу видов  $S$ . В идеальном случае речь идёт о вероятности:

$$b=r\lambda(r) \quad (6.1)$$

Функция (6.1) – равносторонняя гипербола, значения параметров которой, как было показано в предшествующих лекциях, различны. Для технических (электрических) ценозов выражение (6.1) называют ранговидовым гиперболическим *H*-распределением.

Если  $T$  – длина текста,  $V$  – объём словаря,  $\alpha$  – характеристический показатель, то объединяя популяции одной численности  $i$  (виды, представленные одинаковым количеством дискретных особей) в группу  $k \in K$ , называемую кастой, получаем видовую гиперболическую  $H$ -зависимость (видовое  $H$ -распределение) между значениями  $i = 1, 2, \dots$  и вероятностью появления касты.

Но кроме дискретных величин (электродвигатель, трансформатор, выключатель) есть непрерывные величины (электропотребление, длина кабеля, затраты). Объекты, характеризующиеся одной из таких величин, могут быть проранжированы. Это приводит к  $H$ -распределению *по параметру*.

Обобщая, сведём все три варианта технического применения математического аппарата  $H$ -распределений в табл. 6.1 и будем пользоваться приведёнными обозначениями в дальнейшем.

Таблица 6.1

Математическое представление аппарата  $H$ -распределения

Распределение	Ось абсцисс	Ось ординат	Форма записи
Видовое	Число особей в виде (численность популяции)	Количество видов с одинаковой численностью	$\Omega(x) = W_0/x^{1+\alpha}$
Ранговидовое	Ранг	Число особей в виде	$\Lambda(r) = B/r^\beta$
Ранговое по параметру		Значение параметра	$W(r) = W_1/r^\beta$

Напомним, что первый закон Ньютона, утверждение Эйнштейна о предельности скорости света есть словесная (вербальная) формулировка фундаментальных законов материального мира. Последуем такому подходу и сформулируем ценологический закон, отличающийся от закона Парето–Ципфа концептуально и математически. Прежде всего, ценоз как онтологический объект и объект гносеологии не формализуем ни в рамках классической картины мира Ньютона–Максвелла, ни в рамках вероятностной Бора–Эйнштейна. Здесь возможно лишь использование познавательных-творческих способностей индивида для интуитивного единовременного, одномоментного, однозначного (для него) триединого выделения: собственно ценоза; одного из вещественных или виртуальных (информационных) семейств, сущностно образующих структуру этого ценоза; именованной или неименованной единицы-элемента для различия или тождественности между собой этих элементарных штук, особей, образцов, словоформ, экземпляров.

Парето, Ципф и их последователи в своё время не подошли к рассмотрению целостности, т. е. они не формализовали изучаемые ими объекты. Поэтому рассмотрим основные отличия подходов предшественников от подхода ценологического.

Исследование ценоза как целостности предполагает его системное описание словесно и иерархической системой показателей (практически разумной), что обязательно для выделения ценоза как такового (например, основными электрическими показателями), а затем выполнение структурного ценологического анализа. Таким образом, ценологические представ-

ления есть новая ступень познания, гносеологически опирающаяся на третью постнеклассическую научную картину мира.

*Необходимость формализованного описания ценоза* (и реализации модели, как это сделано для технической реальности) есть первое отличие предлагаемого подхода. Такое описание должно быть сделано до идентификации элементов-особей. Идентификация же предполагает возможность классифицировать особи как объекты: 1) по видовым признакам (как у Линнея), дискретизируя тем самым элементы-особи, или 2) по параметру, непрерывным рядом на отрезке, характеризующему все особи (отметим факт: рост людей, расход горючего на 100 км одной и той же машиной подчиняются гауссову распределению; потребление ресурса на технологическую операцию предприятиями одной отрасли, как показано в табл.6.2, или регионами в целом по России – негауссовы и математически определяются бесконечно делимыми гиперболическими *H*-распределениями).

Таблица 6.2

Математическое представление аппарата *H*-распределения

Шовная сварка декапированной стали	
Суммарная толщина свариваемых листов, мм	Расход энергии на 1 м шва, кВт·ч/м
0,5	0,04–0,08
1,0	0,08–0,14
Точечная электросварка на автоматических машинах	
Суммарная толщина свариваемых листов, мм	Расход энергии на сварку 100 точек, кВт·ч/м
2,0	0,04–0,12
3,0	0,06–0,20
4,0	0,10–0,27
5,0	0,12–0,45
6,0	0,17–0,60
8,0	0,23–1,00
Удельный расход энергии на 1 т проката, кВт·ч	
Магнитогорский	102,5
Константиновский	36,3
Верх-Исетский	2359,1

Для случая, когда особь выделяема и различаема по видовой принадлежности, основой ценологической методологии исследования являются математические модели структуры, опирающиеся на гиперболические *H*-распределения в видовой и ранговидовой формах.

В этом случае структурное описание основано на понятии эквивалентности: ценоз образован элементами-особями, каждые два из которых неотличимы, но могут быть идентифицированы поштучно, т. е. иметь номер-паспорт, оставаясь одного вида или различаясь (разных видов):

$$u_i \in S_j \equiv u_k \in S_j; \quad i \neq k, \quad S_j \neq S_m \quad (6.2)$$

т. е. каждый элемент-особь помечается парой чисел: номером, присваиваемым особи  $u_i = 1, 2, \dots, U$ , где  $U$  – число особей одного семейства, образующих текст длиной  $T$ , и номером вида  $s_j = 1, 2, \dots, S$ , где  $S$  – число видов, образующих словарь объемом  $V$ . Особи одного вида неразличимы и образуют популяцию. Виды, каждый из которых представлен равным количеством

особей, образуют касты  $k_k = 1, 2, \dots, K$ , т. е. каждая из каст есть множество, образованное популяциями одинаковой численности. Распределение видов (видовое гиперболическое  $H$ -распределение) – это распределение популяций одинаковой численности по кастам.

Пусть  $i = 1, 2, 3, \dots$  – возможная численность популяции;  $a_i$  – реализованная численность популяции ( $i$  – ряд, соответствующий натуральному ряду чисел;  $a_i$  – эмпирически найденные значения). Видовое распределение может быть получено из текста  $T$  непосредственно. Для этого необходимо выбрать вначале все виды, встретившиеся по одному разу, т. е. популяции, состоящие из одной особи  $a_i = 1$ ; они образуют тем самым первую (ноеву) касту  $k = 1$ , общее число видов  $s$  в которой  $w_1$ , эмпирическая численность особей в касте  $a_1 w_1$ . Затем – все виды, представленные двумя особями, тремя и т. д. (если все значимые строки нумеровать по порядку, то в этом случае число строк равно числу каст  $K$ , где  $K$  есть наличествующие популяции). Последовательность  $w_i$  назовём эмпирическим видовым распределением (распределением видов, табл. 6.3).

Будем упрощённо считать однозначными обозначения  $\Omega(w_i) = \Omega(i) = \Omega(x)$ :

$$\Omega(x) = \frac{W_0}{x^{1+\alpha}}, \quad (6.3)$$

где  $x \in [1, \infty)$  – непрерывный аналог мощности (численности) популяций  $i$  ( $i$  – всегда дискретная величина,  $i = [x]$ );  $\alpha > 0$  – характеристический показатель; постоянная распределения –  $\gamma = 1 + \alpha$ ;  $W_0 = AS$ ,  $W_1 = [W_0]$ , где  $W_0$  – теоретическое, не обязательно дискретное значение, и  $W_1$  – фактическое (экспериментальное) значение первой точки;  $A$  – постоянная распределения, которую находят из условий нормировки (хотя это теоретически и ошибочно из-за отсутствия математического ожидания и бесконечности дисперсии).

Обозначим через  $N_0$  самую мощную (саранчовую) популяцию (касту), т. е. численность вида, представленного наибольшим количеством особей. Тогда численность популяций в ценозе может иметь значения  $i = 1, 2, \dots, N_0$ , фактически принимая лишь значения  $a_i$ .

Таблица 6.3

Видовое Н-распределение годового объёма капитального и среднего ремонтов

$k$	$a_i$	$w_i$	$a_i w_i$	$\omega$	Виды двигателей
1	1	140	140	0,302	0,03-AB; 0,12-AD; 0,12-IT; 0,2-ТТМ; 0,25-ИЭ; 0,37-АО; 0,5-АО; 0,37 ДАВ; 0,45-WMR; 0,5-АОЛС; 0,55-МА; 0,6-АО; 0,6-BAO; 0,8-BAO; 1-GMK; 1,1-АОП; 1,3-4АХС; 1,5-KMR; 1,5-АИР; 1,7-АОС; 2,2-МТК; 2,4-Д; 2,5-DMK; 2,8-АО; 3-ARB; 3-KRA; 3,1-АПВ; 3,2-АИРС; 3,5-KMR; 3,5-МТК; 3,6-АР; 4-4АС; 4-ARB; 4-F; 4-КО; 4-DMK; 4-GMK; 4,5-KMR; 4,5-АСВТ; 4,5-П; 5-АР; 5-АСВ; 6,7-АР; 10-DMK; 10-HRP; 11-4АМ; 11-АИРМ; 11,5-GMK; 12-ДП; 14-А; 15-OR; 14,5-HRP; 18-WDOR; 18-Д; 18,5-МО; 20-ДС; 22-4АМ; 22-АСЛ; 25-IP; 27- WDOR; 30-F; 30-ГСО; 32-КО; 37-4А; 37- KMR; 40-4АС; 45-4АМ; 45-МО; 50-RH; 50-КО; 55-AS; 55-KLR; 55-KTV; 55-WASL; 60-ДПВ; 70-П; 75-4АМ; 75-SMR; 80-RH; 90-4А; 100-F; 100-П; 125-Н; 125-ДСК; 132-А; 132-BAO; 150-ДП; 160-А; 160-ДП; 160-МА; 200-AK; 200-АО; 320-А; 500-GDW; 500-А; 500-ДАЗО; 630-AK; 1000-GW; 1000-СДВ; 2000-A3
2	2	70	140	0,203	0,12-KMR; 0,12-ПА; 0,18-АОЛ; 0,25-ДТП; 0,27-АОЛ; 0,37-4А; 0,5-GGG; 0,55-4АМ; 0,6-КД; 0,63-DMK; 0,8-АО; 0,8-АОЛ; 0,9-DMK; 1-АРП; 1,1-ГНОМ; 1,4-АР; 1,5-АО; 1,6-КД; 2-ПАРМА; 2,2-4АМ; 2,2-АОЛ; 3-4АМ; 3-АИР; 3-АОЛ; 3,2-4АС; 4-АРП; 4,8-4АМ; 5,2-АОС; 5,5-4АО; 5,5-ГНОМ; 7,5-4АМ; 7,5-SMH; 7,5-АОС; 8-П; 10-А; 11-F; 11-АИМ; 11-ВРП; 11-КО; 14-АО; 15-F; 18,5-4А; 18,5-АИР; 22-4А; 22-KMR; 22-Д; 25-SMH; 25-П; 30-4А; 30-KMR; 30-BAO; 64-GMK; 75-4А; 75-ASL; 75-KMR; 75-АО; 90-4АМ; 90-АИР; 110-4А; 120-ДП; 132-АО; 160-GMF; 185-Д; 250-А; 400-А; 500-СД; 700-ДАЗО; 1000-СД; 1800-1А
3	3	44	132	0,128	0,12-АОЛ; 0,18-4АА; 0,25-АИР; 0,35-GGG; 0,42-ИЭ; 0,45-П; 0,6-АОЛ; 0,6-ИВ; 1-АОЛ; 1,05-ИЭ; 1,1-4АМ; 1,1-АО; 1,1-АР; 1,15-ИЭ; 1,4-АРП; 1,5-АИМ; 1,5-АОЛ; 1,7-А; 1,9-ИЭ; 3-KR; 4-АРА; 4,8-ПБСТ; 7,5-МТК; 11-АО; 13-АО; 15-4А; 15-ВРП; 17-АО; 18,5-KMR; 22-АО; 30-Н; 30-А; 30-ВРП; 40-KRA; 40-BAO; 75-А; 120-ARE; 160-АО; 200-GOF; 250-ДАЗО; 315-П; 400-ДАЗО; 870-GW; 9500-ГП
4	4	35	140	0,102	0,18-4А; 0,55-АИР; 0,75-KMR; 1,7-АО; 2,5-АРА; 2,8-АРА; 3-АФ; 3-KMR; 3,2-П; 4-BAO; 5-МТК; 6,5-АРА; 7-DMK; 7,5-KMR; 7,5-KR; 11-4А; 11-АИР; 14-WODK; 15-АИР; 16-ДП; 30-4АМ; 32-DOR; 37-Д; 40-А; 42-ДП; 46-ДР; 55-Д; 90-GMK; 132-АИР; 200-4А; 250-АО; 275-GW; 320-ДАЗО; 1000-А; 9000-МП
5	5	18	90	0,052	0,37-АИР; 0,75-АИР; 1,1-KMR; 1,3-АРП; 1,5-4АХ; 2,2-ARB; 2,2-АИР; 2,2-АО; 4-ГНОМ; 4,5-АОС; 5,5-АО; 10-KR; 10-BAO; 15-МО; 22-ВРП; 55-4А; 55-АО; 680-GW
6	6	14	84	0,041	0,18-АИР; 0,55-4А; 1,5-4А; 2,2-П; 3-4А; 4-4АМ; 5,3-АР; 7,5-4А; 11-KMR; 14-П; 45-4А; 100-GOF; 110-Д; 630-ДАЗО
7	7	6	42	0,017	0,6-ИЭ; 1,1-АИР; 4-АО; 5,5-4А; 30-АИР; 55-WDOR
8	8	5	40	0,015	2-АРА; 2-АР; 2,2 –ИЭ; 3,5-DMK; 18,5-F
9	9	8	72	0,023	0,27-ДАО; 0,27-ИЭ; 0,75-4А; 1,32-АИРС; 2-АРФ; 7,7-АО; 75-BAO; 710-МПВ
10	10	6	60	0,017	0,4-ARB; 2-АР; 4-АИР; 11-П; 30-АО; 40-АО
11	11	5	55	0,015	0,12-КД; 1-АОС; 1-АРФ; 7,5-F; 7,5-АИР
12	12	3	36	0,009	0,12-ИЭ; 0,2-ДХМ; 10-АО
13	13	4	52	0,012	1-АР; 1,1-ИВ; 3-АО; 5,5-АИР
14	14	2	28	0,006	3-АРФ; 3,5-АС
15	15	2	30	0,006	0,4-ИЭ; 4-АР
16	16	1	16	0,003	1,3-АР
17	17	2	34	0,006	1,1-4А; 5-DMK
18	18	2	36	0,006	2,2-4А; 2,5-АР
19	19	2	38	0,006	4-АРФ; 150-Д
20	20	1	20	0,003	0,18-ABE
21	27	2	54	0,006	0,4-АОЛ; 0,65-АРФ
22	28	1	28	0,003	4-4А
23	29	1	29	0,003	0,18-ИЭ
24	32	1	32	0,003	47-Д
25	34	1	34	0,003	0,8-ARB
26	37	1	37	0,003	1,6-АРФ
27	45	1	45	0,003	0,75-АРА
28	54	1	54	0,003	1,6-АРА
29	138	1	138	0,003	1,2-АРФ
Σ	-	380	1736	1,000	

Примечание:  $k = 1, 2, 3, \dots$  – каста (реализованные группы видов);  $i = 1, 2, 3, \dots$  – возможная и  $a_i$  – реализованная (эмпирическая) численность популяции;  $w_i$  – число видов, образующих касту;  $a_i w_i$  – количество особей в касте;  $\Omega(x) = W_0 / x^{1+\alpha}$ , где  $x[1, \infty)$  – непрерывный аналог мощности популяции  $i$ ;  $i = [x]$ ;  $\alpha > 0$  – характеристический показатель;  $W_0$  – теоретическое значение первой точки;  $\omega$  – относительная частота появления видов по кастам;  $R = 24$  (пойнтер-точка для данного примера)

Запишем очевидные соотношения для объёма словаря – перечня (списка) всех встретившихся видов выделенного семейства в исследуемом ценозе:

$$V = |S| = \sum_{k=1}^K w_i = \sum_{i=1}^{N_0} w_i, \quad (6.4)$$

длины текста – списка всех и каждого «отловленного», охватывающего общее количество встретившихся (идентифицируемых) штук-особей:

$$T = |U| = \sum u_i = \sum_{i=1}^{N_0} i w_i, \quad (6.5)$$

и относительной частоты появления касты, определяемой эмпирически  $\omega_i = w_i/V$  и описываемой непрерывной кривой

$$\omega_i = A/x^\alpha, \quad (6.6)$$

где  $0 < A < 1$ ;  $\alpha > 0$  – константы, соответствующие (6.3).

Видовые распределения отличаются характером изменения  $w_i$ . Устойчивы зависимости: «гипербола»  $\Omega(x)$ , поточечно изображённая на рис. 6.1 (согласно табл. 6.3);  $S(U)$  – относительно более медленное увеличение количества видов при увеличении выборки штук-особей (см. рис. 6.2; характер кривой объясняет уменьшение  $W_1$  и  $A$  в выражениях (6.3) и (6.6) и увеличение повторяемости  $d = U/S$ );  $W_1(S)$  – ноева каста (при увеличении выборки эта величина медленно уменьшается, как того требует теорема Гнеденко–Дёблина).

Выражения (6.3), (6.6) и статистика моей научной школы позволяют сформулировать *второе отличие* от законов Ципфа: *частотным представлением (6.6) пользоваться не следует*.

Это объясняется тем, что преобразование (6.3) в (6.6) заключается в делении числителя и знаменателя на общее число видов  $S$ . Теоретически это означает утрату представлений о «размере» ценоза: исчезают сведения о суммарном  $U$  – количестве особей (длине текста  $T = \sum u_i$ ) и объёме словаря (количестве видов в выборке  $V = \sum s_i$ ). Оказывается, что ориентируясь только на  $w_i$ , достоверно сравнить ценозы нельзя.

Второе отличие подтверждают свыше 1000 выборок и генеральных совокупностей различных технических изделий большинства отраслей экономики, охватывающих более 2,5 млн единиц-особей. Значения  $W_0$  первой точки (ноева каста) в относительных единицах лежит в интервале от



0,7–0,9 до 0,2–0,3. Сравнение близких частот (для практических целей – равных) – вероятности  $\omega_i$  для одного завода, но с разницей в 25 лет, или разных отраслей – не сопоставимы по абсолютным  $U$  и  $S$ .

Ценозы, равные по количеству особей, совершенно не сопоставимы по  $\omega_i$  и повторяемости  $d$ . Общая тенденция – снижение численности первой касты с увеличением объема выборки прослеживается, но возможно и обратное.

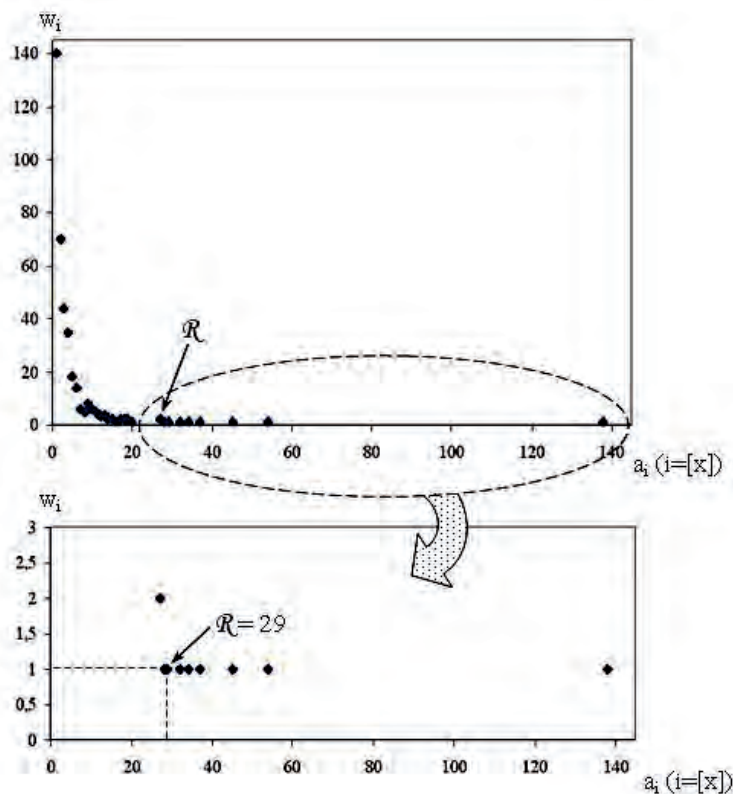


Рис. 6.1. Графическое представление данных табл. 6.2 с выделением поинтер-точки  $R$

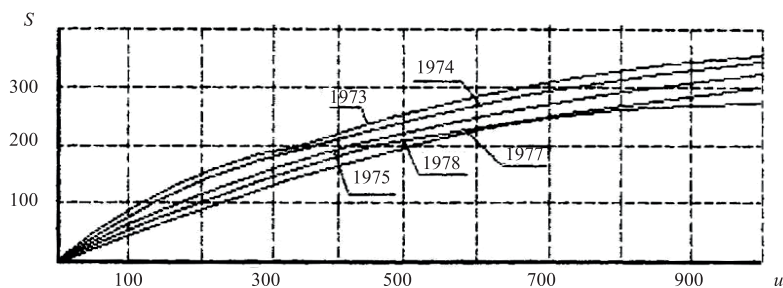


Рис. 6.2. Увеличение объема словаря при увеличении числа штук-особей

Следовательно, ошибочно предположение о существовании априори определяемых параметров закона видового распределения  $\Omega(x)$ , которые задают некоторую величину, определяемую  $S$ ,  $U$ . Ошибочно считать, что при заданных  $S$ ,  $U$  ряд единственный (оптимальный по объёму Ципфа). Физика ценозов показывает, что из одного объёма словаря можно получить множество значений  $U$  (множество текстов): для известного числа установленных видов единиц-особей изделий количество штук-особей может быть различно.

Предпочтение, отданное видовому распределению (6.3), объясняется неочевидностью того, что ноева каста (группа видов, каждый из которых представлен строго одной особью) должна быть наиболее многочисленной. Здесь мы не делаем насилия над фактическими данными, выделяя уникальные единичные виды, затем – встреченные дважды и т. д. Нет никаких оснований до опыта утверждать, что при этом должна образоваться гипербола. И «правильная» гипербола получается не сразу (ср. табл. 6.3 с табл. 6.4 и рис. 6.3).

Таблица 6.4

Распределение типоразмеров при анализе месячного потока  
ремонтируемых электродвигателей

Январь		Февраль		Март		Апрель		Май		Июнь	
51 вид, 118 особей		69 видов, 102 особи		77 видов, 142 особи		68 видов, 130 особей		61 вид, 89 особей		35 видов, 43 особи	
$u_i$	$\omega_i$	$u_i$	$\omega_i$	$u_i$	$\omega_i$	$u_i$	$\omega_i$	$u_i$	$\omega_i$	$u_i$	$\omega_i$
1	0,7451	1	0,7648	1	0,6883	1	0,6913	1	0,7377	1	0,8571
2	0,1765	2	0,1176	2	0,1818	2	0,1617	2	0,1803	2	0,1143
3	0,0392	3	0,0441	3	0,0260	3	0,0588	3	0,0328	5	0,0286
7	0,0196	4	0,0147	4	0,0519	4	0,0294	4	0,0328		
49	0,0196	5	0,0441	5	0,0260	5	0,0294	8	0,0164		
		6	0,0147	6	0,0130	8	0,0147				
				23	0,0130	23	0,0147				

Так мы приходим к *третьему* отличию от представлений Парето–Ципфа, которое заключается в единой концепции ценологического  $H$ -закона и в тройном его представлении: в видовой, ранговидовой и ранговой по параметру формам с естественной приоритетностью для дискретных величин видового распределения перед ранговидовым. И если мы ставим задачу выявить фундаментальные причины подчинённости физико-химических, биологических, технических (технетических), информационных, социальных ценозов гиперболическим  $H$ -ограничениям, то должны связать идеи глобального эволюционизма с негауссовой статистикой, с видением мира, где отсутствует математическое ожидание (среднее), а дисперсия бесконечна (сколь угодно большая ошибка при определении в точке).

Теперь, охватив все виды  $S$  словаря  $V$ , проранжируем данные текста  $T$ , расположив все виды принудительно в порядке уменьшения численности каждого вида (численности популяций), естественно получив спадающую кривую, называемую гиперболическим ранговидовым  $H$ -распределением  $\Lambda(r)$ :  $u_r$  – число особей вида  $s$ , (численность популяции вида  $s$ ), соответствует рангу  $r$  при общем числе особей  $U$  (длина текста  $T = |U|$ ). Ранг вида  $s = 1$ ,

2, ...,  $s_r$ , ...,  $S$  – это его порядковый номер (номер строки). Последний номер  $S$  определяет объём словаря  $V$  и можно записать  $V = |S|$ . Функция  $u_r = \Lambda(r)$  записывается в виде:

$$\Lambda(r) = B / r^\beta; \quad \omega(r) = u_r / U; \quad U = \sum_{r=1}^S u_r, \quad (6.7)$$

где  $B$  – абсолютная величина и характеристический показатель  $\beta > 0$  – константы ранговидового гиперболического  $H$ -распределения.

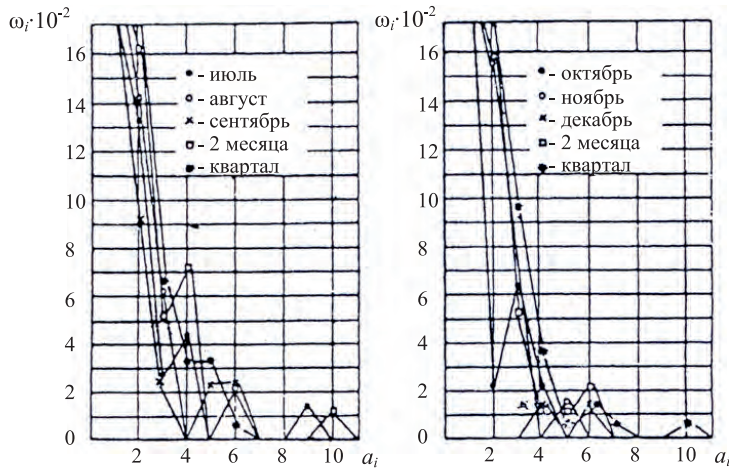


Рис 6.3. Распределение электродвигателей по повторяемости видов

Оно по определению получается из видового. Ранговое распределение «свёртывается» в видовое, которое образует обычно более короткую запись, и обратно. Действительно, из табл. 6.2  $r_1 = 138$ ,  $r_2 = 54$ , ..., но от  $r = 241$  до  $r = 380$  ордината равна единице, тем самым и образуя длинный «хвост», с которым и борются модельно все рассмотренные выше законы.

В процессе познания человек достаточно уверенно стал различать дискретное и непрерывное. Оказалось, что для одних целей  $H$ -анализа необходимо учитывать дискретность (отличать особь от особи); для других существует непрерывный ряд такой, что понятие «вид» смазывается, и следует вводить балльную или ранговую оценки (или, например, децильную Парето). Такими непрерывными величинами, исследуемыми  $H$ -распределением по параметру, могут быть активы банков, творческие способности, расходы энергоресурсов. Тогда, в порядке убывания какого-либо параметра располагают (ранжируют), например, цехи, заводы, отрасли; города, регионы, страны (в обычно применяемой нами записи):

$$W(r) = W_1 / r^\beta, \quad (6.8)$$

где  $r = 1, 2, \dots$  – ранг; для  $r = 1$  первая точка  $W_1$  – объект (особь) с наибольшим значением параметра;  $0,5 < \beta < 1,5$ .

Ранговое распределение по параметру даёт возможность говорить об оптимальности, эффективности ценоза в целом (рассмотрением децилей, например, где 10 % богатых не более чем в 10 раз могут быть богаче бедных).

Следующий шаг – не вовне, а внутрь: исследование структуры для установления соотношения «крупное–мелкое» и соотношения по разнообразию: 40–60 % видов ноёвы (это 10 % особей); 40–60 % массовы, саранчовы (это лишь 10 % видов). Так я говорю об обязательности исследования структуры по параметрам в ряду других ценозов и видовой структуры единичного ценоза, не рассматривая здесь проблему его выделения.

Дискретные значения  $\Omega(w_i)$  видового распределения и их непрерывный аналог  $\Omega(x)$  хорошо аппроксимируются (6.2) на отрезке  $[1, R_1]$ , где  $i = 1, 2, \dots, R_1$  – целочисленные значения  $x$ ,  $i = [x]$ ,  $R_1 = [R]$ . Это позволило мне ввести важное понятие: особую точку, точку перегиба, поинтер-точку  $\mathcal{R}$  (см. рис. 6.1). Можно рассматривать касты как характеристику ценоза и говорить об однородности. Всегда  $\Omega(x) > 1$  или  $\Omega(x) < 1$ ; и лишь в точке  $\mathcal{R}$  строго  $\Omega(x) \equiv 1$ . Гипербола делится точкой  $\mathcal{R}$  на две ветви: слева  $i = 1, 2, \dots, R$  – неоднородные касты, где каждая образована множеством видов; справа  $i = R + 1, R + 2, \dots, K$  – однородные касты, где в каждой – теоретически ровно один вид ( $i$  соответствует числу особей этого вида),  $N_0$  – численность последней (саранчовой). Количество каст статистически связано с поинтер-точкой. Виды, группирующиеся вокруг  $i = R$ , есть виды-определители. Отметим, что наличие точки, имеющей особый характер, математически несомненно.

Если взять  $\int x dx$  от бесконечности и уменьшать  $x$ , то в какой-то точке  $x = a_j$ , обозначенной  $j = 1$ , интеграл станет равным единице: появился вид. Целочисленное значение  $[x]$  будет означать число особей в образовавшейся касте. Аналогично образуются другие однородные касты в интервале  $j = 1, 2, \dots, R_2$ , где  $j$  – номер однородной касты. Для обработки эмпирических распределений и вычисления  $W_0$ ,  $\alpha$  в выражении (6.3) использовали метод наименьших квадратов и метод минимального различия между расчётными  $U, S, K = R_1 + R_2$  и наблюдаемыми значениями этих величин.

Достаточно полно гиперболическое  $H$ -распределение описывается обобщающими показателями  $V = |S|$ ,  $T = |U|$ ,  $K, W_1, N_0$ , что позволяет сформулировать четвёртое отличие от частотных законов Ципфа: сравнение ценозов более информативно (продуктивно) по обобщающим показателям, чем по характеристическим  $\alpha$  (или  $\beta$ ) и первой точке (или  $W_1$ ).

Для частотной формы закона Ципфа параметры  $A, \alpha$  могут совпадать, но, если  $S, U, W_1, N_0$  (абсолютные значения) различаются значительно, значит, и структура этих ценозов различна. Построчное деление на  $V = \sum w_i$  для видового или на  $T = \sum u_i$  для ранговидового распределений уничтожает характеристику «размер» ценоза, отражённую в оценках Шеннона, Симпсона, Маргалефа, Менхеника.

Рассматривая повторяемость  $d = U/S$  с точки зрения теории и практики, встречаемся с противоположными позициями: с общесистемных – устойчивость и эффективность ценоза тем выше, чем большим разнообразием элементов ценоз характеризуется (с точки зрения унификации – всё сделать одинаковым). Заметим, что для творчества – чем меньше унификации,

ординарности, тем лучше. Александр Сергеевич, и не подозревавший, что он реализует видовое  $H$ -распределение, для 20 732 особей-слов «Евгения Онегина» (статобработка моя), использовал словарь объёмом 4 596 видов-слов. А Гипромез (и я, как его работник) установил на Карагандинском металлургическом комбинате 24 721 электродвигатель (текст) лишь 1 968 видов (объём словаря) – не гениально, конечно.

Введение понятия пойнтер-точки для видового  $H$ -распределения (для рангового по параметру это сделал В.В. Фуфаев) позволяет сформулировать *пятое* существенное отличие: *структура ценозов не описывается единой гиперболой*. Самоорганизуется точка перегиба  $\mathcal{R}$  такая, что гипербола дискретно-непрерывно существует до этой точки, вырождаясь в ней  $\Omega(\mathcal{R}) \equiv 1$  в прямую так, что далее все виды единичны  $W_R, \dots, W_K$  (см. рис. 6.1), где  $W_R$  – значение численности популяции в пойнтер-точке,  $W_K$  – численность наибольшей популяции (саранчиковый вид:  $W_K = N_0$ ). Существует теоретический запрет на возможность совпадения после  $\mathcal{R}$  численности популяций двух видов. Пятое отличие кратко: структура ценозов описывается числом каст  $K$  и пойнтер-точкой  $\mathcal{R}$ .

Наличие области, тяготеющей к  $\mathcal{R}$ , пояснялось мною С.В. Мейену на примере таёжного распада, где сравнение фитоценозов по часто встречающимся видам деревьев и травянистых растений не может быть проведено (они есть и на северной, и на южной стороне распада). Нельзя сравнить их и по уникальным видам (они не пересекаются). Конструктивность идеи была подтверждена Е. Кудриной при обработке «Мастера и Маргариты» как неформализуемой модели видового распределения персонажей ( $V = 401$ ;  $T = 2089$ ), где к пойнтер-точке  $\mathcal{R} = 34$  примыкают: Левий Матвей – встретившийся на 24 страницах; Гелла – на 28; Н.И. Босой – на 29; Варенуха – на 34; Римский – на 41; Стёпа Лиходеев – на 42; Га-Ноцри – на 50. Именно эти персонажи отражают и булгаковскую специфику, и отличие от «Фауста» Гёте.

Здесь мой результат, может показаться, пересекается с использованием закона Ципфа для извлечения из текста слов, отражающих смысл (ключевых слов). Но теоретическое обоснование различно: у меня не средняя часть гиперболы (как у Ципфа), а *точка перегиба*  $\mathcal{R}$  сдвинутая, кстати, относительно «середины». Налицо две разные модели, два разных подхода, два разных закона.

Все рассматриваемые модели – модели статические. Фуфаев обобщил статику  $H$ -распределений и предложил структурно-топологическую динамику  $H$ -распределения, позволяющую следить за поведением каждого вида во времени и оценить видовую надёжность по относительному движению точки по кривой  $H$ -распределения.

Управление структурой предполагает возможность сравнения двух ценозов, включая сравнение ценозов различной природы. Здесь вновь встал вопрос об идеальной форме кривой, которой по (6.1) не существует. Необходимость в эталонном распределении привела меня в 1973 году к модели простых чисел.

Примем в качестве канонического дискретное распределение простых сомножителей в факториале некоторого числа  $N$ . Назовём видом любое



простое число  $q_r$ , где  $r$  – номер простого числа натурального ряда чисел, абстрактно воспринимаемое, из ряда: 2, 3, 5, 7, ..., 137, 139, 149, 151, ..., 509, 521, 523, 541, ...,  $(2^{756839}-1)$ , ..., а особью – появление этого простого числа как сомножителя (единица исключается) в любом из чисел натурального ряда. Тогда каждое натуральное число  $N_i > 1$  представимо следующим образом:

$$N_i = q_1^{m_1} \cdot q_2^{m_2} \cdot \dots \cdot q_r^{m_r}, \quad m_j \geq 0, \quad (j = 0, 1, 2, \dots, m), \quad (6.9)$$

где  $m_j$  – степень (встречаемость) простого числа;  $r$  – ранг простого числа. Например, в распределении  $N_i = 101!$  двойка (саранчовый вид)  $q_1 = 2$  встретилась (как особь)  $m_1 = 97$  раз, тройка – 48 раз ( $q_2 = 3$ ,  $m_2 = 48$ ) и т. д., 11 простых чисел встретилось по 1 разу (ноева каста). Последний номер  $r$  (для  $N_i = 101!$   $r = 26$ ) определяет число видов в системе  $S$ . Сумма чисел  $97 + 48 + 24 + \dots + 1 + 1 + 1$  (сумма особей всех видов) определяет число особей ценоза. Оценка численности первой касты производится с использованием теоремы о простых числах  $W_1 = N/2\ln N$  (с простыми числами много работал Эйлер, который близко подошёл к моей модели, но не описал её). Остальные числа ряда также получаются аналитически, но проще и точнее (из-за дискретности величин) получать их прямым счётом.

Нумерация каст в видовом распределении имеет физический смысл: это своеобразное ранжирование (по порядку без пропусков) экспериментально полученных результатов наблюдений, т. е. классификация, в данном случае, естественная. Ошибки (экспериментальные) для редких видов перемещают вид из касты в соседнюю (также популяционно малочисленную); ошибки в определении числа особей для многочисленных видов, как правило, даже не меняют номера касты. Это даёт однозначное распределение каст, канонизированное в виде ряда простых чисел, т. е. при заданном  $S$  все остальные параметры получаются по (6.9) однозначно (например,  $N_0$  – число двоек в факториале  $1023!$ , равное  $1013$ ).

Модель простых чисел даёт *шестое* отличие: *для заданного количества видов существует единственный ряд, однозначно определяющий гиперболическое  $H$ -распределение и его параметры*. При разложении каждого числа  $N_i$  натурального ряда на простые сомножители существует алгоритм преобразования факториала  $N_S$ , где  $S$  – номер наибольшего простого числа в факториале такой, что начиная с некоторого произвольного числа исключением некоторых видов можно получить ряд, идентичный гиперболическим  $H$ -рядам с поправкой, связанной с изменением числа сомножителей, равных их числу между  $N_{S-1}$  и  $N_{S+1}$ .

Модели простых чисел позволяют сформулировать *седьмое* отличие, замеченное впервые мною (на что обратил внимание Чайковский Ю.В., придав этому большое значение): *на видовой кривой  $H$ -распределения, до точки  $R$  непрерывной, имеются всплески и провалы (наглядность – см. рис. 6.3), которые обязательны; на ранговой – расстояние между саранчовыми видами неравномерно, а численности популяций растут нелинейно*.

Замечу, что первая в  $H$ -распределении по параметру точка – элемент (особь) – может быть не из этого, а из другого ценоза (поэтому не следует «подгонять» кривую). Что касается саранчовых каст, то они, безуслов-



но, всегда из этого же ценоза, но обладают свойством массово возникать. Взгляните: вот факториал 1023!, а дальше 1024! – видов не прибавилось, и налицо всплеск, *который не надо подгонять под гиперболу*. Экспериментально обнаружена теоретически не доказанная возможность заполнения промежутков в дискретно-непрерывной части гиперболы до точки  $R$  кастами после этой точки: возможна плотная упаковка (что, собственно, и есть теорема). Обратим внимание ещё на возможность свёртки в ограниченное количество шагов.

Рассматривая общность законов Ципфа и исследуя разнообразие и соотношение «крупное–мелкое», как правило, нечётко формулируется возможность переноса результатов из одной области знаний в другую. Изучение технических ценозов имеет преимущества в строгости перед биоценозами и в динамике перед математической лингвистикой (вообще перед областью информационных и социальных исследований): во-первых, относительно устоявшиеся представления о системе показателей и структуре цеха, производства, завода, отрасли, города, региона, государства; во-вторых, бухгалтерскую (в идеале) статистику; в-третьих, возможность отследить эволюцию вида, опускаясь до отдельной особи.

Реальное существование и эволюция ценозов могут быть описаны системой показателей-параметров (которые не обязательно представимы числом). Такое выделение и описание есть описание параметров точки: ценоз становится элементом, неделимым объектом, который рассматривают (ранжируют) по какому-либо одному параметру в ряду других объектов этого семейства (множество параметров ведёт к выделению кластеров, нейронным сетям, дающим возможность сравнивать объекты). Выстраивание означает, что рассматривается некоторый новый ценоз.

Представляя триединый ценологический закон *H*-распределения и говоря о концептуальном значении термина *техноценоз*, составившего основу технетики – науки о технической реальности, я осознанно не употребляю синергетические понятия. Для ценоза (а ценоз – синергетический объект) порядок более естествен, чем хаос; этот порядок обеспечивается информационно через физические процессы; увеличение разнообразия увеличивает устойчивость системы; изоляция ценоза останавливает развитие; конкуренция повышает эффективность естественного, информационного, документального, интеллектуального отборов, которые все, в пределе, подчинены отбору энергетическому.

Следующие отличия будут определены и описаны в лекции 7.

*Контрольные вопросы*

1. Покажите историческую неизбежность перехода от единичного организма, штуки-электродвигателя к сообществам (*cenosis*), в том числе и электрическим.
2. Укажите различия между понятиями *объект*, *вид*, *особь* и приведите примеры текстов и объёмов словаря.
3. Видовое распределение как ключевое для *H*-теории.
4. Ранговидовое *H*-распределение и область его применения.
5. *H*-распределение по параметру и его использование для нормирования и определения нагрузки.
6. Опишите особенности сравнения ценозов по набору параметров.
7. Приведите численные значения характеристических показателей *H*-распределения.

## Лекция 7. Моделирование $H$ -распределений простыми числами и поинтер-точка $\mathcal{R}$

Существенные отличия рассматриваемых трёх форм  $H$ -распределения от закона Парето–Ципфа не снимают вопроса об общности структуры физико-химических, биологических, технических (технетических), информационных, социальных ценозов. Фундаментальность явления, определяемого отбором – конкурентной борьбой за ресурс (как показал Трубников Б.А.), описывается математической моделью распределения такой, что её можно поставить в ряд (вывести по аналогии) с распределениями Ферми–Дирака и Бозе–Эйнштейна.

Но есть ещё одно фундаментальное свойство, демонстрируемое на видовом (и ранговидовом)  $H$ -распределении. Оно заключается в возможности соотнести понятие *вид* простому числу, где бы оно ни находилось как множитель в факториале натурального числа. Фундаментальность (если встать на точку зрения, восходящую к Пифагору и Платону) заключается в том, что числа правят миром, что Вселенная и сама жизнь устроены так, что есть некоторые идеальные образы, которым соответствуют числа или их комбинации.

Примем, как указывалось в предыдущей лекции, в качестве канонического дискретное распределение простых сомножителей в факториале некоторого числа  $N$ . Факториал – функция, определённая на множестве целых неотрицательных чисел, значение которой равно произведению натуральных чисел от 1 до натурального числа  $n$ , т. е.  $1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot \dots \cdot n$ ; обозначается  $n!$  (по определению,  $0! = 1$ ). Факториал равен числу перестановок из  $n$  элементов. При больших  $n$  приближённое выражение факториала определяется формулой Стирлинга в асимптотике:

$$n! \approx \sqrt{2\pi n} \cdot n^n \cdot e^{-n}, \quad n \rightarrow \infty. \quad (7.1)$$

Простое число – натуральное (целое положительное) число  $p > 1$ , имеющее только два делителя – 1 и  $p$ :

$$2, 3, 5, 7, 11, 13, 17, 19, 23, 29, 31, 41, 43, \dots \quad (7.2)$$

Числа, имеющие не менее трёх различных делителей, называются составными.

Элементарная теория чисел утверждает, что всякое натуральное число, отличное от единицы, – либо простое, либо, если оно составное, может быть представлено в виде произведения простых чисел. При этом такое представление единственно (с точностью до расположения сомножителей). Запись этого произведения в виде степеней одинаковых простых чисел, а самих простых чисел – в порядке возрастания, даёт каноническое разложение натурального числа

$$N_i = q_1^{m_1} \cdot q_2^{m_2} \cdot \dots \cdot q_r^{m_r}, \quad m_j \geq 0, \quad (j = 0, 1, 2, \dots, m), \quad (7.3)$$

где  $m_j$  – степень (встречаемость) простого числа (как штуки-особи),  $q_1$  – простое число как вид из ряда (7.2),  $r$  – ранг простого числа (его номер по порядку), последний номер – число видов – самих простых чисел в системе  $S$ .

Простые числа играют роль очень своеобразных «кирпичиков», из которых строятся все остальные натуральные числа. Евклид в III веке до н. э. доказал бесконечность множества простых чисел; Эратосфен – способ их отсеивания из множества натуральных чисел; Эйлер нашёл доказательство бесконечности множества простых чисел. Чебышев вывел неравенство, которому должно удовлетворять количество  $\pi(x)$  простых чисел  $p \leq x$ :

$$a \frac{x}{\ln x} < \pi(x) < b \frac{x}{\ln x}. \quad (7.4)$$

Обратимся к задаче определения (в постановке Эйлера) очередного простого числа, большего известного произвольного натурального числа  $x$  по известным простым числам, меньшим  $x$ . Эйлер ввёл функционал

$$\pi(x) \approx x / \ln x \quad (7.5)$$

где  $\pi$  – функция, равная количеству простых чисел, меньших  $x$ .

Свяжем (7.3), (7.5) с терминологией видового и ранговидового  $H$ -распределения. Тогда  $x$  равен натуральному числу  $N$ , а его факториал используется вместо произвольного числа, так как существует ряд предельных теорем, связывающих число  $N$  с особями – простыми сомножителями, а само  $N$  задаёт все виды – простые числа (показатели  $m_j$  определяют наибольший общий делитель двух натуральных чисел). Ряд (7.2) может быть продолжен: 137, 139, 149, 151, ..., 509, 521, 623, 541, ..., 40001, ...,  $(2^{756839}-1)$ , ... . Изучение простых сомножителей в  $N!$  осуществлено нами вплоть до 100 000!. Для построения шкалы объёмов выборок была использована экспоненциальная форма представления факториала, которую затем дважды логарифмировали:

$$N! = 10^{N!}; \quad N! = \log(\log N!), \quad (7.6)$$

придя к результатам, качественно не отличающимся от результатов, полученных для 101! или 1021!.

Всего было рассмотрено три модели:

1) ранг  $r = 1$  присваивается всем простым числам, встретившимся в  $N!$  ровно один раз; ранг  $r = 2$  – объединению чисел, состоящих из двух сомножителей (4, 6, 9, 10, 14, 15, ...); затем  $r = 3$  – из трёх (8, 12, 16, 18, 24, ...) и т.д.;

2) каждому простому числу – ранг по порядку; количество видов приравнивается сумме рангов; количество особей – произведению номера ранга на количество данных простых сомножителей;

3) представленная выражением (7.3).

Приемлемого физического истолкования для первых двух моделей найти не удалось, поэтому в исследовании, например, количества установленных и ремонтируемых двигателей как основная принята модель (7.3), в ко-

торой  $m$  – степень (встречаемость) простого числа,  $r$  – ранг простого числа. Например,  $N_{20} = 20$  состоит из сомножителей  $N_{20} = q_1^2 q_2^0 q_3^1 = 2 \cdot 2 \cdot 5$ , где вид  $q_1$  (двойка) встретился как особь два раза, вид  $q_3$  (пятёрка) – один раз). В целом (табл. 7.1) для факториала, например,  $N_i = 1021!$  двойка (саранчовый вид)  $q_1 = 2$  встретила (как особь)  $m_1 = 1013$  раз, тройка – 508 раз ( $q_2 = 3$ ,  $m_2 = 508$ ) и т. д. Согласно табл. 7.2, по одному разу (ноева каста) встретилося 75 простых чисел. Последний номер  $r = i$  (для  $N_i = 1021!$   $r = 172$ ) определяет число видов в системе  $S$ . Сумма чисел  $75 + 58 + 42 + \dots + 508 + 1013$  (сумма особей всех видов) определяет число особей ценоза (длину текста).

Таблица 7.1  
Ранговидовое  $H$ -распределение

$i$	$m$	$p_i$	$i$	$m$	$p_i$	$i$	$m$	$p_i$	$i$	$m$	$p_i$
1	1013	2	44	5	193	87	2	449	130	1	733
2	508	3	45	5	197	88	2	457	131	1	739
3	253	5	46	5	199	89	2	461	132	1	743
4	168	7	47	4	211	90	2	463	133	1	751
5	101	11	48	4	223	91	2	467	134	1	757
6	84	13	49	4	227	92	2	479	135	1	761
7	63	17	50	4	229	93	2	487	136	1	769
8	55	19	51	4	233	94	2	491	137	1	773
9	45	23	52	4	239	95	2	499	138	1	787
10	36	29	53	4	241	96	2	503	139	1	797
11	34	31	54	4	251	97	2	509	140	1	809
12	27	27	55	3	257	98	1	521	141	1	811
13	24	41	56	3	263	99	1	523	142	1	821
14	23	43	57	3	269	100	1	541	143	1	823
15	21	47	58	3	271	101	1	547	144	1	827
16	19	53	59	3	277	102	1	557	145	1	829
17	17	59	60	3	281	103	1	563	146	1	839
18	16	61	61	3	283	104	1	569	147	1	853
19	15	67	62	3	293	105	1	571	148	1	857
20	14	71	63	3	307	106	1	577	149	1	859
21	14	73	64	3	311	107	1	587	150	1	863
22	12	79	65	3	313	108	1	593	151	1	877
23	12	83	66	3	317	109	1	599	152	1	881
24	11	89	67	3	331	110	1	601	153	1	883
25	10	97	68	3	337	111	1	607	154	1	887
26	10	101	69	2	347	112	1	613	155	1	907
27	9	103	70	2	349	113	1	617	156	1	911
28	9	107	71	2	353	114	1	619	157	1	919
29	9	109	72	2	359	115	1	631	158	1	929
30	9	113	73	2	367	116	1	641	159	1	937
31	8	127	74	2	373	117	1	643	160	1	941
32	7	131	75	2	379	118	1	647	161	1	947
33	7	137	76	2	383	119	1	653	162	1	953
34	7	139	77	2	389	120	1	659	163	1	967
35	6	149	78	2	397	121	1	661	164	1	971
36	6	151	79	2	401	122	1	673	165	1	977
37	6	157	80	2	409	123	1	677	166	1	983
38	6	163	81	2	419	124	1	683	167	1	991
39	6	167	82	2	421	125	1	691	168	1	997
40	5	173	83	2	431	126	1	701	169	1	1009
41	5	179	84	2	433	127	1	709	170	1	1013
42	5	181	85	2	439	128	1	719	171	1	1019
43	5	191	86	2	443	129	1	727	172	1	1021

Примечание:  $i$  – ранг вида, начиная с наибольшей популяции;  
 $m$  – численность вида;  $p_i$  – наименование вида (простого числа).

Таблица 7.2  
Видовое  $H$ -распределение

$K$	$i$	$W(i)$	$iW(i)$
1	1	75	75
2	2	29	58
3	3	14	42
4	4	8	32
5	5	7	35
6	6	5	30
7	7	3	21
8	8	1	8
9	9	4	36
10	10	2	20
11	11	1	11
12	12	2	24
13	14	2	28
14	15	1	15
15	16	1	16
16	17	1	17
17	19	1	19
18	21	1	21
19	23	1	23
20	24	1	24
21	27	1	27
22	34	1	34
23	36	1	36
24	45	1	45
25	55	1	55
26	63	1	63
27	84	1	84
28	101	1	101
29	168	1	168
30	253	1	253
31	508	1	508
32	1013	1	1013

Примечание:  $K$  – номер касты (группы);  $i$  – численность особей каждого из  $W(i)$  видов;  
 $W(i)$  – количество видов в касте;  $iW(i)$  – число особей в касте.

Количество каст  $K = 32$  есть число заполненных строчек. Оценка численности первой касты производится с использованием теоремы о простых числах  $W_1 = N/2\ln N$ . Остальные значения ряда можно получить аналитически, однако проще и точнее (из-за дискретности величин) получать их прямым счётом. Ранговое представление сомножителей простых чисел как модель ценозов можно применять в абсолютных числах как ряд, аналогичный, например  $N_i = 1023!$  (отметим всплеск для  $1024!$ , где прибавляются только двойки – их десять), если известно значение  $S$  (или  $U$ ), или как относительную частоту (в табл. 7.1 и 7.2 приведены видовое и ранговидовое и распределения).

Нумерация каст в видовом распределении имеет физический смысл: это номера по порядку всех существующих популяций. Ошибки (эксперимен-



тальные) для редких видов перемещают вид из касты в соседнюю (также малочисленную), ошибки в определении числа особей для многочисленных видов, как правило, даже не меняют номер касты (при их сплошной нумерации). Это даёт однозначное распределение каст, канонизированное в виде ряда простых чисел, т. е. при заданном  $S$  все остальные параметры получаются строго однозначно (например,  $N_0$  – число двоек – есть численность саранчовой касты  $K = 32$ ; при ранговом распределении – численность первого ранга).

Возвратимся к  $H$ -моделированию, в котором видовое распределение представлено в виде

$$\Omega(x) = W_0/x^{1+\alpha}, \quad (7.7)$$

а ранговидовое как

$$\Lambda(r) = B/r^\beta \quad (7.8)$$

Представим хвост гиперболы (7.7) от поинтер-точки  $\mathcal{R}$  (см. предыдущую лекцию) и далее (рис. 7.1). Очевидно модельное представление реально существующего – прямой линией (физически объяснимой: меньше единицы нет области существования). Объяснение этого  $H$ -распределением в виде спадающей кривой (уходящей в область, меньшую единицы) – уж слишком грубое приближение. Естественны для модели простых чисел провалы и выбросы. Сравните отношения  $W(i)$  каст 1 и 2, 2 и 3, 4 и 5, всплеск для  $K = 9$  (см. табл. 7.2). Заметьте, что своеобразие отношений каст 28–32 рассчитываем: троек в  $N!$  меньше чем двоек, пятёрок – чем троек и т. д.

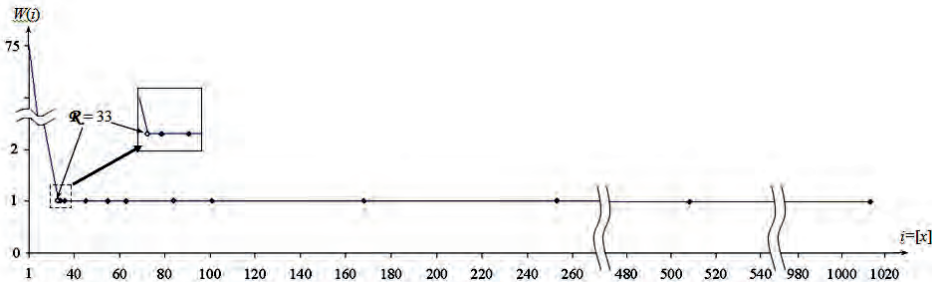


Рис. 7.1. Представление «хвоста гиперболы» применительно к распределению сомножителей простых чисел (см. табл. 7.1 и 7.2)

Поэтому возникает возможность использования точки  $\mathcal{R}$ , определяемой (когда  $\Omega(x) \equiv 1$ ) для всей области существования  $x \in [1, \infty)$ :

$$\Theta(x) = \frac{W_0(R, \rho)}{x^{1+\rho}}, \quad (7.9)$$

где  $\rho$  определяется из выражения  $W_1/S = \rho/i^{1+\rho}$ .

Возвратимся ещё раз к рисунку, где поинтер-точка близка к 33, но фактически отсутствует (см. табл. 7.2). После  $\mathcal{R}$  по одному разу встретилось

как вид 1013 двоек-особей; тройки как вид – 508 раз; пятёрки – 253; се-  
мёрки – 168, далее – простые числа-виды (по табл. 7.1) 168, 101, 84, 63, 55,  
45, 36, 34. Очевидно, что «хвост» можно представить в виде ранговидово-  
го распределения:  $r_1 = 1013$ ;  $r_2 = 508$ ;  $r_3 = 253$ ; ... и описать его формулой  
 $\Lambda(r) = B/r^B$ .

В качестве обобщения подхода предложим табл. 7.3, где  $n$  – число, фак-  
ториал которого рассматривается как  $n=N$ ;  $S$  – общее количество простых  
чисел;  $W(1)$  – фактическая, а  $W_0$  – теоретическая, по Ципфу, первая точка;  
виды, встретившиеся ровно один раз (ноева каста);  $U$  – количество особей  
для факториала  $S!$ ;  $N(1)$  – численность наибольшей популяции (саранчо-  
вая каста – количество двоек);  $k$  – количество каст;  $\alpha$  – характеристиче-  
ский показатель. Полезно заметить, что  $N(1) \approx n$ , и именно здесь возможны  
всплески «саранчи» – двоек, троек, пятёрок. Важно, что всплеск не бывает  
одновременно для нескольких видов.

Таблица 7.3

Обобщающие характеристики  $H$ -распределения канонического разложения

Число $n$	$S$	$U$	$W(1)$	$N(1)$	$k$	$p \cdot 10^{-3}$	$\alpha \cdot 10^{-3}$	$W_0$	$U/S$
101	26	240	11	97	11	793	301	22	9,2
401	79	1086	33	397	21	780	372	40	13,7
901	154	2578	67	896	31	823	422	129	16,7
1601	252	4728	113	1597	39	858	457	212	18,8
2501	367	7551	163	2495	47	847	466	309	20,6
3601	503	11054	225	3596	57	855	481	424	22,0
4901	654	15247	291	4895	63	849	487	551	23,3
6401	834	20127	382	6397	70	883	506	705	24,1
8101	1019	25705	461	8092	82	868	508	862	25,2
10001	1229	31987	560	9995	87	877	516	1040	26,0
12101	1448	38970	659	12093	97	875	520	1226	26,9
14401	1687	46666	768	14396	105	876	542	1430	27,7
16901	1949	55070	862	16897	113	882	530	1654	28,3
19601	2223	64177	1015	19595	121	879	533	1887	28,9
22501	2516	74008	1157	22491	128	888	593	2138	29,4
25601	2819	84556	1293	25597	140	885	541	2396	30,0
28901	3146	95818	1451	28893	144	892	546	2677	30,5
32401	3477	107805	1594	32392	154	884	546	2958	31,0
36101	3834	120515	1765	36095	160	889	550	3266	31,4
40001	4203	133947	1941	39995	167	892	553	3580	31,9

Модель простых чисел даёт существенное отличие от представлений  
Хольцмарка, Лотки, Брэдфорда, Виллиса, Фишера, Ципфа, Мандельброта:  
для заданного количества видов существует единственный ряд, однознач-  
но определяющий гиперболическое  $H$ -распределение и его параметры. Мо-  
жет быть предложена теорема, подобная теореме Вейерштрасса.

При разложении каждого числа  $N_i$  натурального ряда на простые со-  
множители существует алгоритм преобразования факториала  $N_s$ , где  $S$   
– номер наибольшего простого числа в факториале такой, что начиная с  
некоторого произвольного числа исключением отдельных видов можно по-  
лучить ряд, идентичный опытным (экспериментальным) гиперболическим  
 $H$ -рядам с поправкой, связанной с изменением числа сомножителей, рав-

ных их числу между  $N_{s-1}$  и  $N_{s+1}$ . Тогда возникает возможность сравнить два экспериментальных (статистических) ряда, полученных в любой из наук не по характеристическому показателю, числу видов и особей, а по каждому наблюдению (восстановление ряда программно). Тем самым как будто моделируется эволюция: осуществляется отбор уничтожением каких-либо видов.

Это ключевое утверждение проявляется в следующем:

1) видовое  $H$ -распределение является тем объектом познания, который соответствует процессу и результату физики структурирования – каждый элемент (особь как вид) начинает существование с ноевой касты, содержательно отражающей эволюционно новое и фиксирующей отмирание;

2)  $i = [x]$  есть не ранг, а величина численности популяции тех видов, каждый из которых представлен одинаковым количеством штук-особей и которые формально поэтому образуют касты, множество которых объективно образует ценоз;

3) видовое разнообразие ценоза математически до точки  $R$  описывается гиперболическим  $H$ -распределением (7.7) таким, что  $\alpha > 0$  существенно неразлично для  $i = k$ , где  $i = 1, 2, 3, \dots$ ;  $k = 1, 2, 3, \dots, K$ , а начиная с некоторого  $k$  становится  $i \neq k$ , где  $i > k$ ;

4) разность  $i - k$  до точки  $R$  равна сумме видов после точки на оси  $x$   $\Omega(x) \equiv 1$ , которая из-за дискретности особей, образуемых из факториала ряда (7.2) и прерывности гиперболы (7.7), в общем случае не совпадает с  $R$  (может быть не целой), тем самым порождая ошибку;

5) немногочисленные виды после  $R$  (5–10 % от общего объема словаря  $V$ ; для 1021! по табл. 7.2 это 6,4 %) суммарным количеством штук-особей составляют основную структурную массу ценоза\*, по Шрейдеру – это 40–60 % объема текста, по табл. 7.2 – 80,3 %.

Обратим внимание на возможность свёртки в ограниченное количество шагов (экспериментальный материал не содержит больше четырёх таких шагов). По существу, видовое распределение есть свёртка ранговидового (см. табл. 7.1): 75 единиц (от  $i = 98$  до  $i = 172$ ) объединено в одну касту (см. табл. 7.2) и т. д. Можно сделать следующий шаг: свернуть видовое распределение. Но многократная свёртка невозможна.

При рассмотрении общности законов построения ценозов и исследовании разнообразия и соотношения «крупное–мелкое», как правило, нечётко формулируется возможность переноса результатов из одной области знаний в другую. Изучение технических ценозов имеет преимущества в строгости перед биоценозами и в динамике – перед математической лингвистикой (вообще перед областью информационных и социальных исследований): во-первых, относительно устоявшиеся представления о системе показателей и структуре цеха, производства, завода; города, региона, государства; во-вторых, наличие бухгалтерской, в идеале, статистики; в-тре-

---

\* Это соответствует распространившимся утверждениям: 20 % мужиков выпивают 80 % пива или 90 % диссертантов не «двигают» науку, а создают лишь фон. Отметим, что из 10 %, получивших новое и сделавших ощутимый шаг в науке, лишь один из миллиона делает эпохальный шаг.

тых, возможность отследить эволюцию вида, опускаясь до отдельной особи (большинство технических видов родилось на наших глазах). Типы техноэволюции и биоэволюции – не сопоставимы, но взаимное моделирование многообещающе.

Реальное существование и эволюция ценозов могут быть описаны системой показателей-параметров, которые не обязательно представимы числом. Впрочем, и за числом зачастую видятся качественные отличия, например, объём доменной печи или памяти компьютера.

Говоря о связях между видами (особями) одного ценоза, ещё раз обратим внимание на единичность связи типа «хищник–жертва» Вольтерра. Хотелось бы предложить модель значимых связей отдельных особей всех видов ценозов, основанную на качественной оценке её адекватности. Пусть задан натуральный ряд чисел. Для достаточно большого значения числа, казалось бы, разложение на простые сомножители (виды) должно давать «длинные» произведения. Но это оказалось не так. Возьмём часть ряда от одного простого числа до другого:

220333	простое число
220334	$2 \cdot 41 \cdot 2687$
220335	$3 \cdot 5 \cdot 37 \cdot 397$
220336	$2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 47 \cdot 293$
220337	$13 \cdot 17 \cdot 997$
220338	$2 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 12241$
220339	$7 \cdot 31477$
220340	$2 \cdot 2 \cdot 5 \cdot 23 \cdot 479$
220341	$3 \cdot 11 \cdot 11 \cdot 607$
220342	$2 \cdot 29 \cdot 29 \cdot 131$
220343	$19 \cdot 11597$
220344	$2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 9181$
220345	$5 \cdot 127 \cdot 347$
220346	$2 \cdot 7 \cdot 15739$
220347	$3 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 8161$
220348	$2 \cdot 2 \cdot 31 \cdot 1777$
220349	$179 \cdot 1231$
220350	$2 \cdot 3 \cdot 5 \cdot 5 \cdot 13 \cdot 113$
220351	простое число

Среднее число связей, включая одно из простых чисел, составляет 3,7. Любопытно! (гипотеза «короткости» связей проверена для техноценозов, правда, лишь дважды). Заметим, что отношение объёма текста  $T \equiv U$  к объёму словаря  $V \equiv S$  для «Евгения Онегина» оказалось равным  $d = 4,51$ ; для двигателей Карметкомбината  $d = 12,56$ . Конечно, есть саранчовые всплески  $2^n$ ,  $3^m$ , ..., но они лишь подтверждают ценологические свойства натурального ряда.

Если для описания множества электродвигателей (единиц электропривода или иных электроприёмников) с целью выделения таких групп, которые корреляционно связаны (в частности режимом работы), применима гипотеза об использовании модели простых чисел, то это открывает но-

вые пути для изучения электрического хозяйства (объектов электрики) и обеспечивает практичность модели. Тогда возникает необходимость более широкого рассмотрения разных сочетаний сомножителей каждого из чисел натурального ряда. Выполним идентификацию взаимосвязей между элементами ценоза (табл. 7.4), представив числовые образы в пространстве простых чисел.

Таблица 7.4  
Простые сомножители и их связи в числах

Число ряда	Простые сомножители	Их число	Связи				Ранг простого числа	Всего сомно- жителей	Простое число
			внутри вида	между видами	Смешан- ные	нет связи			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	2	1				1	1	31	2
3	3	1				1	2	14	3
4	2×2	2	2						
5	5	1				1	3	7	5
6	2×3	2		2					
7	7	1				1	4	4	7
8	2×2×2	3	3						
9	3×3	2	2						
10	2×5	2		2					
11	11	1				1	5	2	11
12	2×2×3	3			3				
13	13	1				1	6	2	13
14	2×7	2		2					
15	3×5	2		2					
16	2×2×2×2	4	4						
17	17	1				1	7	1	17
18	2×3×3	3			3				
19	19	1				1	8	1	19
20	2×2×5	3			3				
21	3×7	2		2					
22	2×11	2		2					
23	23	1				1	9	1	23
24	2×2×2×3	4			4				
25	5×5	2	2						
26	2×13	2		2					
27	3×3×3	3	3						
28	2×2×7	3			3				
29	29	1				1	10	1	29
30	2×3×5	3		3					
31	31	1				1	11	1	31
32	2×2×2×2×2	5	5						
Всего: ансамблей элементов		31 65	7 21	8 17	5 16	11 11		65	

Ограничимся рядом 2, 3, 4, ..., 31, 32 (столбец 1). Каждое число ряда разложим на простые сомножители (ст. 2). Назовём ансамблем каждое из множеств табл. 7.4, составленное концептуально и состоящее из элементов, характеризующих ансамбль. Если сосчитать количество простых сомножителей для каждого из случаев ряда 2, ..., 32, то очевидно, что ансамблей (чисел ряда) 31, а общее число сомножителей как элементов – 65 (ст. 2). Если взять собственно простое число (ст. 10), то каждое из них образует ансамбль, не имеющий связей и состоящий из одного элемента (11 из 11, ст. 7). Сомножители-особи некоторых составных чисел одинаковы (одного

вида). Тогда ансамбль (их семь) есть одновидовые числа (ст. 4), а элемент – сомножитель ансамбля (их 21).

Можно выделить межвидовые связи (ст. 5) такие, что в ансамбль входят только числа, где нет сомножителей одного вида (таких 8: это числа 6, 10, 14, 15, 21, 26, 30, в которые вошло 17 сомножителей-элементов). Смешанными связями названы ансамбли (их пять), каждый из которых включает повторяющиеся и иные виды (ст. 6). Проранжировав простое число (ст. 8), определим их общее количество ( $S = 11$ , это и есть объём словаря  $V$ ), сосчитав двойки, тройки и т. д. (ст. 9); просуммировав их, получим 65 – общее количество сомножителей в факториале  $32!$  как тексте. Данные представленной табл. 7.4 есть лишь заявка на исследования, а сама гипотеза связей станет доказанной только в результате статистических наблюдений.

Современный глобализующийся эволюционизм и требования постиндустриального информационного общества поменяли производство, науку и искусство, повседневную жизнь. Принятие решения в этих условиях требует понимания, что *первая классическая* научная картина мира описывает часть бытия; *вторая – вероятно-статистическая*, опирающаяся на вторую постклассическую картину, описывает большее число фактов. *Предлагаемая ценологическая модель* простых чисел служит одним из математических описаний *постнеклассического ценологического мировоззрения* третьей научной картины мира.

#### *Контрольные вопросы*

1. Определите простое число, его факториал и подсчитайте число сомножителей для отрезка ряда от 31 до 50.
2. Поясните каноническое разложение натурального числа.
3. Проанализируйте видовое  $H$ -распределение и укажите на особенности поинтер-точки  $\mathcal{R}$ .
4. Прокомментируйте ранговидовое  $H$ -распределение и поясните соотношение  $m$  для начала табл. 7.1.
5. Поясните ключевое утверждение, касающееся особенностей видового  $H$ -распределения табл. 7.2.
6. Оцените совпадение с реальностью связей между видами для части ряда между двумя простыми числами.
7. Продолжите до 50 число ряда табл. 7.4 и выскажите свои гипотезы об особенностях столбцов.



## Лекция 8. Информация и отбор: энергетический, естественный, информационный

Существует формальное определение *информации* (*information*) – как содержание какого-либо сообщения, сведения о чём-либо, рассматриваемые во времени и как факт их передачи, материализующийся в пространстве. Сложилась теория научной информации – *информатика* (*informatics*) как отрасль знания, изучающая закономерности сбора, преобразования, хранения, поиска и распространения документальной информации и определяющая оптимальную организацию информационной работы на базе современных средств вычислительной техники.

Ключевыми для информатики и *технетики* (*technetics*) как науки о технической реальности (в частности, о техноценозах) является *документ* (*document*), который определяется как материальный объект (что обязательно), содержащий закреплённую информацию на любом носителе и предназначенный для её передачи и использования. Слово – информативно (или пусто), слово может вдохновить или убить, но оно не является предметом нашего рассмотрения, пока не задокументировано – например, как «прослушка», как записанные указания диспетчера завода или системного оператора (СО).

Понятие информации выше, чем единичный документ или собрание, совокупность, сообщество – *документация* (*file of documents*). Это черновики и записки, неопубликованные и рукописные труды, публикации, стенограммы, документы графические, конструкторские, проектные, дипломные, тендерные, патентные, аудиовизуальные, анонимные, официальные, законодательные, директивные, нормативные, служебные, действующие, архивные и др. Информация взгляда, молчания («и не краснеть удущливой волной, слегка соприкоснувшись рукавами») может сохраниться у одного на всю жизнь в памяти, не став (не будучи) документом.

Но если внезапно «искра пробежала в пальцах ваших встретившихся рук» и оказалась не разрядом, а положительным потенциалом, который зафиксировал ЗАГС, то вы оба оказались «задокументированными» навечно (на срок хранения документов). Необходимость сохранения, передачи и воспроизведения информации в полной мере ощутил молодой капитализм США. Это проявилось в изобретении телеграфа (С. Морзе, 1837 г.), телефона (А. Белл, 1876 г.), граммофона (Эдисон, 1877 г.).

Сбор статистики по населению и промышленности потребовал обработки информационных массивов. Осуществляемые каждые 10 лет переписи (начиная с 1884 года) привели к созданию перфокарт (Г. Холлерит), на которых в XX века держались «контроль и учёт» всего народного хозяйства СССР и которые нынешнее поколение студентов уже не знает. Это позволило осуществить цель, сформулированную акад. А.Н. Крыловым: «Статистика не должна состоять в одном только заполнении ведомостей размерами с двуспальную простыню никому не нужными числами, а в сведении этих чисел на четвертушку бумаги и в сопоставлении их между

собой, чтобы по ним можно было не только видеть, что было, но и предвидеть, что будет».

Предварительно обобщая, назовём этапы информационного взаимодействия субъекта с его внешней средой:

- 1) выделение и формализованное представление объёмов информации;
- 2) её документальная фиксация (кодирование), передача (и хранение);
- 3) приём информации (распознавание);
- 4) интерпретация (включая изменение внутреннего состояния объекта и субъекта);
- 5) реализация (прогноз, решение, действие).

Возникает вопрос о количественной оценке информации и об оценке оценки (качестве принятия решения). В природе только два фундаментальных вида взаимодействия: обмен веществом и энергией (в рамках соответствующих законов сохранения). Сколько вещества и энергии один объект передал другому, столько тот её получил. Некоторые потери определяет взаимодействие с объектами внешней среды, окружающей и передатчик, и приёмник.

Иное дело – информация. Во-первых, информация не может существовать вне взаимодействия объектов («Есть ли жизнь на Марсе, нет ли жизни на Марсе – науке это неизвестно»); во-вторых, в процессе взаимодействия информация не теряется ни одним из объектов (если взаимодействие состоялось, последующего «забывания» не происходит, поскольку остаётся документ, и вопрос сводится к его нахождению); в-третьих, информация порождает (не всегда, конечно) новую информацию как у одного, так и у другого за счёт обобщения информации и возникновения нового знания.

Количественную меру информации как логарифмическую обосновал Р. Хартли (1928 г.):

$$I = \log N, \quad (8.1)$$

где  $I$  – количество информации;  $N = 2^n$  – число возможных сообщений, составленных из  $n$  знаков.

Выражение (8.1) основано на простом постулате: находить решение, расщепляя информацию до элементарного акта и отвечая лишь «да» или «нет». Так действует любой компьютер, руководствуясь булевой алгеброй (Дж. Буль, 1854 г.), где наибольший элемент 1, а наименьший 0 (нуль). К. Шеннон, развивая (8.1), сформулировал теорему (1948 г.), устанавливающую, когда возможна или невозможна передача сообщений, вырабатываемых данным источником сообщений, по данному каналу связи и при заданных условиях точности воспроизведения сообщений. Количество информации на один символ определяют по формуле Шеннона:

$$I = -\sum_{i=1}^m p_i \log p_i, \quad (8.2)$$

где  $m$  – количество символов в некотором алфавите;  $p_i$  – вероятность каждого символа,  $i = 1, 2, \dots, m$ .

Величину  $H = \sum p_i \cdot \log p_i$  Шеннон назвал *энтропией* множества вероят-

ностей по аналогии с похожей на неё формулой Больцмана для энтропии идеального газа

$$s = k \ln p, \quad (8.3)$$

где  $k$  – постоянная. Общая ценология утверждает, что площадь под кривой  $H$ -распределения для видового (электродвигатели, трансформаторы, аппараты) и рангового по параметру (нагрузки, общее и удельное электропотребление) минимизируется в соответствии с (8.3).

Для пятилетней выборки, охватывающей от 989 до 1 210 электродвигателей, показатель общего разнообразия Шеннона

$$\bar{H} = -\sum (u_i / U) \cdot \ln(u_i / U), \quad (8.4)$$

колебался от 2,62 до 2,74 (в [8.4]  $U$  – общее число штук-особей в выборке;  $u_i$  – число особей в  $i$ -касте).

Гипотеза, что  $\bar{H}$  стремится к постоянной Эйлера, опровергнута математически. Для оценки разнообразия существует показатель выравнинности  $e = \bar{H} / \ln S$ .

Выражения (8.2) и (8.4) связывают с марковскими цепями, которые составили основу теории массового обслуживания и рациональной организации электроремонта. Цепи проверены акад. Марковым А.А. на распределении гласных и согласных и опубликованы в статье\*. «Евгений Онегин» является идеальным информценозом – мною подсчитаны (табл. 8.1) параметры его видового  $H$ -распределения, которые полезно использовать при изучении техноценозов.

Мы вводим понятие *энергетический отбор*, опираясь на уверенность В. Оствальда (1903 г.), что возможно слияние понятий материи и духа, подчинив их понятию энергии. Безусловность действия вариационных принципов классической механики, которые мы назовём далее, отражают физическую сущность энергетического отбора. Но решения и действия, минимизирующие затраты энергии, характерны и для живой, технетической, информационной и социальной реальностей. В явном или неявном виде они проявляются всегда. О принципе экономии мышления говорили Мах и Авенариус. Ципф утверждал: высказывающийся и слушающий экономят свои усилия (а это и приводит к гиперболической зависимости встречаемости элементов речи).

Вариационные принципы концентрированно и строго представляют первую классическую научную картину мира. Они основаны на законах Ньютона, установленных для свободных материальных точек, и аксиомах связей. Любой принцип можно принять за аксиому, а из неё логически вывести все законы механики. Это указывает на законченность, совершенство здания, фундамент которого заложен Г. Галилеем и И. Ньютоном. Ин-

---

\* Пример статистического исследования над текстом «Евгения Онегина», иллюстрирующий связь испытаний в цепь // Известия Императорской Академии наук, 1913.

вариантные вариационные задачи Э. Нётер (1918 г.) дополняют принципы, охватывая и уравнения поля. Это в человекообразных масштабах делает классическую картину физического мира полной, изящной, красивой.

Таблица 8.1

Параметры видового *H*-распределения информценоза «Евгений Онегин»

Генеральная совокупность	<i>S</i>	<i>U</i>	<i>A</i>	$\gamma$	100 $\delta$	<i>H</i>
	4596	20732	0,353	1,97	13,54	1,78
Повторяемость слов по первой букве						
А	35	120	0,770	2,9	0,38	0,85
Б	216	880	0,364	2,0	15,60	1,59
В	345	2087	0,346	2,0	13,10	1,76
Г	152	595	0,430	1,4	0,47	1,89
Д	201	1217	0,416	1,5	0,42	2,16
Е	15	110	0,385	1,57	5,16	1,77
Ж	63	341	0,503	1,7	0,46	1,73
З	221	696	0,594	2,0	0,13	1,53
И	102	1366	260	2,0	17,62	1,51
К	226	551	0,522	1,6	0,29	1,54
Л	130	580	0,472	1,5	0,43	1,82
М	173	931	0,287	1,9	10,56	1,92
Н	287	1740	0,340	2,0	13,43	1,72
О	314	1835	0,400	2,0	19,74	1,30
П	750	2107	0,546	1,7	0,12	1,58
Р	201	536	0,543	1,7	0,33	1,51
С	501	2029	0,308	1,9	12,27	1,80
Т	176	1028	0,465	1,6	0,21	1,98
У	196	481	0,550	1,67	0,24	1,49
Ф	22	36	0,771	3,37	1,04	0,83
Х	70	209	0,598	1,95	0,23	1,44
Ц	19	61	0,520	1,77	1,99	1,48
Ч	81	336	0,458	1,61	1,01	1,94
Ш	50	142	0,539	1,71	0,35	1,51
Щ	7	8	0,856	2,58	0,00	0,41
Э	11	79	0,543	2,48	3,18	1,42
Ю	6	28	0,499	9,77	8,33	1,24
Я	30	444	0,355	2,00	16,48	1,41

Первый из вариационных принципов классической механики – возможных (виртуальных) перемещений – применялся Галилеем (1665 г.). Общность и полезность этого принципа для решения задач статики первым понял И. Бернулли (1717 г.). Считая его основным для всей механики, Ж. Лагранж (1788 г.) математически обосновал принцип и существенно его развил.

По форме вариационные принципы подразделяются на дифференциальные, характеризующие свойства движения для любого данного момента времени (Д’Аламбера–Лагранжа, Гаусса, Герца, Четаева, Журдена), и интегральные – на любых конечных промежутках времени (Гамильтона–Остроградского, Лагранжа, Якоби).

Принцип возможных перемещений утверждает, что механическая система находится в равновесии в некотором положении тогда и только тогда, когда сумма элементарных (бесконечно малых) работ активных сил на вся-

ком возможном перемещении, выводящем систему из рассматриваемого положения

$$\sum F_v \cdot \delta r_v = 0, \quad (8.5)$$

равна нулю в любой момент времени;  $\delta r_v$  – возможные перемещения  $v$ -й точки, допускаемые в данный момент времени наложенными на систему связями;  $F_v(t, r_v, \dot{r}_v)$  – заданные активные силы;  $r$  – радиусы-векторы точек системы относительно начала инерциальной системы координат  $O_{xyz}$ . Выражение (8.5) есть уравнение статики.

Общим уравнением динамики является принцип Д’Аламбера–Лагранжа, который для действительного движения системы утверждает, что сумма элементарных работ активных сил и сил инерции на любых возможных перемещениях

$$\sum (F_v - m_v \omega_v) \cdot \delta r_v = 0 \quad (8.6)$$

равна нулю в любой момент времени;  $m_v$  – масса  $v$ -й точки;  $\omega_v = \ddot{r}_v$  – её ускорение; это даёт возможность получить общие теоремы (законы) динамики: о количестве движения, моменте количеств движения, кинетической энергии.

Принцип наименьшего принуждения (принцип Гаусса): движение системы материальных точек, связанных между собой произвольным образом и подверженных любым влияниям, в каждое мгновение происходит в наиболее совершенном (какое только возможно) согласии с тем движением, каким обладали бы эти точки, если бы они стали свободными. Иначе говоря, в каждый момент времени  $t$  среди всех ускорений, обусловленных связями, действительными ускорениями  $\omega_v$  различных точек системы будут те, которые обращают в минимум-функцию  $Z$  второй степени относительно ускорений. Величина  $Z$  равна сумме произведений массы каждой точки на квадрат величины её отклонения от того положения, которое она заняла, если бы была свободной.

Принцип Гаусса представляет собой физическую аналогию метода наименьших квадратов теории вероятностей. Из принципа Гаусса следует принцип наименьших реакций, сюда же примыкают принцип прямейшего пути Герца, принцип экономии мышления Маха (1883 г.), принципы Болотова (1916 г.), Четаева (1932 г.). Принцип Четаева – принцип максимума работы – расширяет характер обычно рассматриваемых механических систем путём привлечения принципа Карно из термодинамики.

Интегральные принципы классической механики менее общи по сравнению с дифференциальными и применимы к системам, находящимся под действием потенциальных сил. Наиболее общим является принцип Гамильтона–Остроградского: в действительном движении системы действие, по Гамильтону, имеет стационарное значение по сравнению с любыми бесконечно близкими кинематически возможными движениями, для которых начальное и конечное положения системы одинаковы. В случае непотенциальных сил принцип выражается уравнением:

$$\int (dT + \sum F_v \cdot \delta r_v) dT = 0. \quad (8.7)$$

Для систем, стеснённых стационарными связями и находящихся под действием потенциальных сил  $U$ , не зависящих явно от времени, существуют интеграл энергии  $E = T + U$  и функция Лагранжа

$$L(t, q_i, \dot{q}_i) = T + U; \quad S = \int_{t_0}^{t_1} L dt. \quad (8.8)$$

В развитие представлений (8.8) предложен принцип стационарного действия Лагранжа (1760 г.) и принцип стационарного действия Якоби (1837 г.). Интегральные принципы Гамильтона, Лагранжа, Якоби объединяют общим названием – принцип наименьшего действия, который применим не только к дискретным материальным системам, но и к сплошным средам, к системам с распределёнными параметрами, к теории поля. Лагранжев и Гамильтонов математический формализм – один из важнейших и распространённых математических аппаратов.

Рассматривая конечный результат действий, осуществляемых человеком (автоматом) или при естественном протекании процессов (8.5)–(8.8) и возникновении явлений в электротехнике, электроэнергетике, электрике, мы определяем его как действие некоторого закона энергетического отбора, строго определённого в физике вариационными принципами классической механики, но действующего и в других реальностях.

Пусть справа и слева от какой-либо плавной линии установлены электромагниты. Зададимся простым вопросом: как электрон, пролетая вблизи них и меняя траекторию, воспринимает информацию (явно не по Шеннону [8.2])? Что «чувствует», реализуя вариационные принципы и руководствуясь энергетическим отбором по минимуму энергозатрат? Если произошла реакция (соединение)  $2\text{H}_2 + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O}$ , то означает ли это, что какой-то отбор состоялся?

Отбор начался, происходит, состоялся, закончился – это понимается субъектом лишь в контексте (отбор образца из месторождения). В человеческих масштабах неживой (физический) мир определяем (понятен) на уровне молекул и их соединений в рамках первой научной картины мира. Но он не рассчитываем в рамках строгих формул (8.6), (8.8), а предскажем лишь вероятностно (по времени и результатам) – как обрушение берега реки, разрушение скалы, землетрясение. Мы здесь можем лишь сказать, что вода, ветер и нечто неясное – что-то и как-то отбирают. И только.

Если обратиться к живой природе, то здесь, несомненно, существует какой-то отбор. Убеждённости, что всё объяснимо естественным отбором (который устраняет худшее, нежизнеспособное) и стабилизирующим – сохраняющим норму, всё более и более опровергается фактами и разными теориями эволюции. Ныне среди биологов существует единство мнения лишь в вопросе, что эволюция существует, и вектор её необратим (сейчас эволюционные представления вылились в глобальный эволюционизм, глобальную экономику и даже, можно сказать, в науку – глобалистику).



Примем как постулат, что мёртвый мир породил живое, живое породило технетическое, которое, в свою очередь, создало информационную реальность, которая, соединившись с технической (как родители), породила социальное. Тогда можно говорить об отборе в каждой из реальностей вообще, о специфике и определённой вложенности энергетического отбора и естественного, естественного и информационного (для технической реальности), информационного и документального, документального и интеллектуального. И каждый раз следует говорить об аналогиях и различиях.

Использование аналогий – содержательный метод научного исследования, послуживший одной из отправных точек кибернетики. Воспользуемся этим для исследования организации биоценозов и техноценозов. Рассмотрим подобие на уровне сообществ, тех материальных и информационных причин, которые создают одинаковые структуры. Параллели между явлениями биологии и экономики имеют давнюю историю, прослеживаемую до Эразма Дарвина. Блэкберн считал, что поведение группы учёных очень напоминает поведение групп растений и животных в биологических экосистемах: как экосистема производит, обменивает и строит биомассу, так и человеческое поведение сводится к обмену и строительству информации.

Рассмотрим *закон естественного отбора* Ч. Дарвина и предположим наличие аналогичного *закона информационного отбора*, действующего в техноценозах и управляющего техноэволюцией. Закон естественного отбора рассматривается в классической форме. Он утверждает, прежде всего, что любая группа животных и растений (организмов) имеет тенденцию к наследственной изменчивости; виды растений и животных изменчивы. Изменчивость видов изделий со временем, в процессе техноэволюции также очевидна. Но между изменчивостью видов в биологии и технике есть, во-первых, принципиальное различие, во-вторых, более глубокая аналогия.

Рассматривая развитие техники как информационный процесс, можно показать, что из-за ограниченных возможностей человеческого мозга отдельный человек может сконструировать техническое устройство, состоящее из определённого количества неизоморфных элементов, между которыми связи установлены локально и по небольшому числу существенных параметров. Здесь явно или неявно действия осуществляются в рамках первой научной картины мира (хотя результат получается в рамках второй). Устройства с малым количеством исходных элементов вообще могут быть созданы по способу «проб и ошибок» и названы *орудиями труда*. Орудия труда возможно создать без документа. Это мёртвые технически изделия, локально не противоречащие второму закону термодинамики. Технические устройства, а тем более техническая система, становящаяся технетической, требующая для своего последующего функционирования энергетического, материально-технического, информационного, социального обеспечений, принципиально не могут быть созданы без документа (чертежей, расчётов, технических условий и др.). Под *изделиями* мы понимаем технические устройства и технические системы, которые создаются по документу и которые могут быть дискретно, как целостность, выделены для рассмотрения как элементарные.

Сформулируем следующее положение: *любой документ – изменяется; изменение изделия как вида есть следствие изменения документа*. Создание нового генотипа изделия (изменение существующей или разработка новой документации), определяющего появление нового вида изделия, аналогично мутации генетической информации биологических систем.

Ж.-Б. Ламарк постулировал принцип прямого приспособления к условиям внешней среды (путём упражнения органов и наследования приобретённых свойств). Однако изучение эволюционных процессов показало, что приобретённые организмом признаки не наследуются. В процессе эксплуатации изделия (машины) на предприятии вносят различные усовершенствования, иногда во всю партию машин (популяцию) экосистемы. Важно отметить, что какими бы существенными или несущественными ни были вносимые изменения, они не будут воспроизведены в новых машинах этого вида, если не будут закреплены документально. Точнее, для воспроизведения изменённых машин изменения следует вносить в действующую документацию: приобретённые в процессе эксплуатации признаки не наследуются – наследуются только генетические изменения.

Вымерли электродвигатели ТАГ, К, КО, ГАМ, КАМОУ, ДАМ, АЗ, АТД, трансформаторы ЛДЖГ, ТМ старой шкалы, электроприёмники БИ234, СИ235. Список может быть пополнен множеством видов. Ноутбуки и мобильники меняются так часто и быстро, что записать уже это трудно. Общим в примерах является не только исчезновение вида, но и то (это главное), что при этом исчезает, утрачивается информация (генетическая в одном случае, документальная в другом). Мы утратили информацию не только собственно по электромашине Пунга-Шен или, например, по полуторке (на которой «выехала» Вторая мировая война), но изменились технология, железо, медь, изоляционные материалы, крепёжные изделия (они были покупные и изготавливались по другим документам), способы обработки металлов (вместе с изменившимися станками). Короче, сейчас другая система стандартов, технических условий на всё, готовится система технических регламентов. В лучшем случае мы можем сделать нечто похожее – модель, имитацию (свечи-лампы в театрах).

Итак, по Дарвину, организмов каждого вида рождается больше, чем может найти себе питание, выжить и оставить потомство. Применительно к технике: видов изделий создаётся больше, чем есть свободных экологических ниш. Чтобы убедиться в этом, достаточно зайти в любой магазин, где и столкнёшься с выбором инструмента, холодильника, материала, любого продукта. То же – на автосалонах, в тендерах на поставку электрооборудования, систем управления.

Максимум напряжённости конкуренции за лимитирующий ресурс между любой парой видов достигает своего минимума в стабильном технoценoзе.

Пусть дан интервал  $(a, b)$ ,  $a > 0$ , на котором размещено  $n$  точек  $x_1, \dots, x_n$ ,  $x_i \leq x_{i+1}$ , и определена функция  $k(\alpha, \beta)$ ,  $\alpha \leq \beta$ , характеризующая силу конкурентной борьбы, такая, что  $k(\alpha, \beta) = f(\beta/\alpha)$  и  $f(\beta/\alpha)$  – строго убывающая функция. Точки размещены так, что максимум  $f(x_{i+k}/x_i)$  для  $i = 1, \dots, n-1$ ;  $i+k \leq n$  минимален.

Очевидно, что максимум  $f(x_{i+k}/x_i)$  достигается при  $k = 1$ . Определим  $\varphi(\alpha) = f(e^\alpha)$ . Заметим, что  $f(x_{i+1}/x_i) = \varphi(\ln(x_{i+1}/x_i))$ ,  $\varphi$  – также строго убывающая функция. Тогда  $\min(\ln x_{i+1} - \ln x_i) \leq (\ln b - \ln a)/(n - 1) = \tau$ ,  $i = 1, \dots, n - 1$ , и равенство достигается при  $\ln x_i = \ln a + (i - 1)\tau$ . Отсюда  $\max f(x_{i+1}/x_i) \rightarrow \min$  при  $x_i = ag^{i-1}$ , где  $\gamma = (b/a)^{1/(n-1)}$ ,  $i = 1, \dots, n$ . Количество точек в интервале  $(y, y+Dy)$  обозначим  $v(y) \cdot Dy$ . Тогда при малом  $Dy \rightarrow 0$   $v(y) = (\ln(y + Dy) - \ln y)/\tau \rightarrow c/y$ , где  $c$  – константа.

Последнее выражение указывает на наличие гиперболической зависимости для распределения видов по существенному параметру. Следовательно: 1) наличие конкурентной борьбы, борьбы за существование должно привести к распределению видов, сводящемуся к гиперболическому; 2) такое распределение является закономерным для техноценозов.

Таким образом, множество рождающихся изделий существующих видов и множество изделий вновь появившихся («придуманных») видов попадают в конкретные техноценозы, где количество экологических ниш ограничено. Реализованные фенотипы ведут в техноценозах борьбу за существование при ограниченности вещественных и энергетических ресурсов (аналогично биологии: между множеством рождающихся особей происходит борьба за существование). Популяции изделий, которые обладают признаками, способствующими освоению новых или перераспределению в свою пользу существующих экологических ниш, выживают. Это проявляется в создании незакреплённой информации – своеобразном мнении, что изделие работоспособно (лучше) или требует доработки, или его нужно снять с производства и др.

В биоценозах конкурентные взаимоотношения наиболее сильно проявляются вблизи положения равновесия. То же и в техноценозах: в момент формирования комбинация изделий может быть широкой, для созданных техноценозов внедрение нового вида труднее, вызывает большее противодействие, и возможен отрицательный результат (даже для лучших изделий) из-за консерватизма системы, высокого потенциального барьера вступления.

Борьба за существование внутри экосистемы находит своё выражение в воздействии экосистемы на популяцию путём прямого и косвенного истребления изделий. «Без избирательного уничтожения, конечно, нет и эволюции, однако избирательный характер элиминации определяется не хищниками или другими внешними факторами, а свойствами самих особей, формами их организации и жизнедеятельности. Таким образом, уничтожение принимает закономерный характер движущего механизма эволюции только через посредство внутренних сил, действующих внутри популяции» (И.И. Шмальгаузен). Элиминация существующей популяции происходит потому, что у неё часть показателей «хуже», чем у вновь пришедшей.

Принципиальное отличие естественного отбора от информационного заключается в том, что уничтожение биоособи означает одновременное уничтожение генетической информации, сохранение – одновременное воспроизведение себе подобной особи и подобной (тождественной) информации. Уничтожение или сохранение изделия не имеет прямого отношения к документу – генетической информации об изделии. Это отличие влечёт за

собой необходимость процесса, отсутствующего при естественном отборе: незакреплённая информация документируется и превращается в программу. Возникает необходимость в «разумной» машине, которая могла бы оценить результат воздействия вновь пришедшей популяции на экосистему и экосистемы на вновь пришедшую популяцию, т. е. оценить итоги борьбы за существование.

В биологии в силу могущественного принципа наследственности отобранная особь будет стремиться к размножению своей новой, изменённой формы; в технике – документ утверждается и становится действующим для изготовления изделия. Наследственность – обязательная черта информационного отбора изделий: любой документ содержит наследственную информацию, материализованный опыт предшествующих поколений.

При наличии материально-энергетических условий по действующим дискретным документам осуществляется размножение отобранных вариантов, изготовление изделий с детерминированной структурой, жёстко завязанными размерами, связями, компоновкой, исходными материалами с вероятностным разбросом параметров. Происходят передача и усиление прямой, наследственной информации. В популяции происходит увеличение (появление) информации, реализованной во время предыдущего цикла и закреплённой документально (генетически). Отбор генотипов ведёт к реализации фенотипов.

Процесс преобразования наследственной информации в фенотипическую отражается, во-первых, в появлении и проявлении индивидуальности изделий (в частности, в присвоении имён-номеров); во-вторых, готовое изделие (и чем оно сложнее – тем более) отличается от предусмотренного документом. Это явление хорошо известно проектировщикам, монтажникам, наладчикам – сначала осуществляют доводку, обкатку, испытания, а затем изделия попадают в экосистему.

Обобщим изложенное. Сведём законы естественного и информационного отборов и покажем их в табл. 8.2.

Таблица 8.2

Сопоставление теорий естественного и информационного отборов

Теория естественного отбора	Теория информационного отбора
Любая группа животных и растений (организмов) имеет тенденцию к наследственной изменчивости	Любой документ – изменяется
Организмов каждого вида рождается больше, чем может найти себе пропитание, выжить и оставить потомство	Видов изобретается, документов создаётся больше, чем есть свободных экологических ниш
Между множеством рождающихся особей происходит борьба за существование	Реализованные фенотипы ведут борьбу за существование при ограниченности вещественных и энергетических ресурсов
Особи, которые обладают признаками, дающими им какое-либо преимущество в конкурентной борьбе, имеют больше шансов выжить и, таким образом, подвергнутся естественному отбору. Выживание наиболее приспособленных	Популяции, которые обладают признаками, способствующими освоению новых или перераспределению в свою пользу существующих экологических ниш, образуют источник незакреплённой информации
-	Незакреплённая информация документируется и превращается в программу
В силу могущественного принципа наследственности каждая отобранная особь будет стремиться к размножению своей новой, изменённой формы	Документ утверждается и становится действующим для изготовления изделия

*Техноэволюция* – порождение природы на определённом этапе её развития. Чтобы управлять техноэволюцией, надо, прежде всего, познать её законы. При рассмотрении различных аспектов техноэволюции мы исходили из убеждения в материальном единстве мира, в действии законов физики и химии на любом уровне структурной организации. Мёртвое породило живое, живое – техническое (технетическое). Для познания и управления окружающим крайне необходимо выявить законы и закономерности действительности. Предложенный закон информационного отбора – лишь приближение, он критичен, как и дарвиновские представления.

Что касается документального отбора, действующего в информценозах, и интеллектуального – в ценозах социальных, то их как закон пока сформулировать не удалось. Документ рождается, его отбирают (по каким-то критериям), чтобы сохранить, подправить (скорректировать), чтобы он жил (действовал); его отменяют или он устаревает, выходит из моды, не соответствует и проч., т. е. документ умирает как документ, становясь архивным, музейным. Но как это всё происходит, каковы закономерности и неизбежность появления нового, смерти старого, каков здесь вектор эволюции документа – всё ещё неясно.

Ещё сложнее с интеллектуальным отбором, поскольку здесь мы начинаем иметь дело с многообразием индивидуальностей, групп, объединений и др., где начинают играть существенную роль этика и эстетика, традиции, верования, определяющие неперечислимость (оцениваемую нами как  $10^{64}$ ) самых различных действий и поступков.

*Контрольные вопросы*

1. Поясните понятия *информация и информатика*.
2. Расскажите об измерении информации, её вероятностной оценке – по Шеннону – и о единицах: байт, килобайт, мегабайт, гигабайт...
3. Определите *документ* как понятие и приведите примеры документов из разных сфер человеческой и машинной деятельности.
4. Расскажите о вариационных принципах классической механики и обоснуйте, что они есть основа первой научной картины мира и основа действия энергетического отбора.
5. Изложите закон естественного отбора в формулировке Ч. Дарвина.
6. Приведите примеры отмирания технических устройств и замены их с объяснением преимуществ нового.
7. Перечислите основные положения закона информационного отбора.



## Лекция 9. Общность и специфика тихогенеза, номогенеза, техногенеза

Неизвестность, необычность и непривычность для инженерного корпуса и технических наук вообще предлагаемых нами терминов не снимают вопрос о необходимости перехода от оптимизации, многокритериальности, эффективности отдельного процесса и работы отдельной машины (агрегата, установки) к управлению их множеством, где связи между единицами-особями не только заданы технологически и жёстко определены, но и (в большинстве) слабы, а зависимости едва просматриваются. Это в полной мере относится к электрооборудованию, электроснабжению, электроремонту, электрическому хозяйству цеха, производства, предприятия. Менеджер (и чем выше его уровень, тем в большей степени) обязан принимать решения, которые опираются на недостаточные и меняющиеся данные (условия) и отличаются от среднего всё чаще и всё больше. Здесь-то и нужна ценологическая теория.

Имеются в виду две её стороны. *Первая* относится собственно к менеджменту: организации структуры управления (нужны ли служба главного электрика? ЦСП? ЦЭТЛ? ЭРЦ? Система ППР и сервиса?), маркетингу (собственные услуги, рынок проектировщиков, поставщиков), бизнес-планированию (стратегии развития) новых объектов электрики и модернизации существующих, логистики (прежде всего организации процесса бесперебойного электроснабжения), учёту, финансам, экономике, информационно-программному обеспечению. Для каждой компоненты следует учитывать ценологическую очевидность: 80 % результатов проистекают от 20 % вложенного труда; дисбаланс – общая черта теории хаоса; 5–10 % видов ремонтируемых электродвигателей составляют 40–60 % их общего количества; лишь каждый десятый человек генерирует новые и оригинальные решения – не все Ньютоны и Форды.

*Второе* же заключается в развитии творческой способности индивида и в стратегии выбора перспективных для компании разработок, ноу-хау всех видов. И здесь мы обращаемся к эволюционным принципам, соединяющим появление нового вида и жизнь особи в едином процессе, который можно охарактеризовать словами А. Сцент-Дьёрди: «Природа работает только на основе небольшого количества основных принципов». Причём, как заметил Н. Бор: «Действительно, я думаю, мы все согласны с Ньютоном: самый глубокий фундамент науки – это уверенность в том, что в природе одинаковые явления наступают при одинаковых условиях».

Напомним некоторые определения. *Техноценоз* – ограниченное в пространстве и времени любое выделенное единство, включающее все изделия (сообщество изделий). Под *изделием* понимается предмет или совокупность предметов производства той или иной технологии (относить ли к изделиям доменную печь, compact component system CA-S300 или считать их экосистемами – достаточно дискуссионный вопрос). *Технологии* есть, по Лему, обусловленные состоянием знаний и общественной эффективностью способы достижения целей, поставленных обществом, в том числе и

таких, которые никто, приступая к делу, не имел в виду. *Изделие* (машина, оборудование, агрегат, устройство, аппарат, прибор) – самостоятельно функционирующая единица, рассматриваемая далее как элементарная. *Экосистема* (ценоз) – сообщество изделий и неживая среда (физико-химические факторы), функционирующие совместно и рассматриваемые как целое. *Популяция* – элементарная единица техноэволюции, группа изделий (особей) одного вида, занимающая область пространства с определёнными границами. *Техноэволюция* – направленное постепенное и закономерное изменение видов изделий в ряду поколений. *Генотип* – устройство изделия, генетическая конструкция, записанная документально (например, чертёж), совокупность всех документов, определяющих изделие (например, опись описей). *Фенотип* – реализованный комплекс признаков изделия; работоспособное, «взрослое», отлаженное изделие; фенотип – реализованный генотип.

Существует множество подходов к истолкованию эволюции. *Тихогенезом* (от *týchē* – случайность, стечение обстоятельств) называют эволюцию, основанную на случайных изменениях (термин ввёл Г. Осборн в 1929 г.) и отличающуюся от *ортогенеза* (от *orthós* – прямой), который утверждает, что развитие обусловлено внутренними факторами, направляющими ход эволюции по определённому пути; от *селекции* (от *selection* – выбор, отбор) – науки о «разумном» создании сортов, гибридов, пород, штаммов. Важным считался *номогенез* (от *nómos* – закон) – эволюционная концепция о внутренней запрограммированности исторического развития живой природы (Л.С. Берг, 1922 г.). Номогенез отрицал дарвиновское объяснение объективности и относительной целесообразности живого, считая, что эволюция, как правило, – это развёртывание уже предсуществующих задатков. Что касается техногенеза, то мною в толковом словаре технетики дано следующее определение: *техногенез* (от *génesis* – происхождение, возникновение) – это происхождение, возникновение, процесс образования и эволюции элементов технической реальности и техногенного мира в целом.

Сравнение тихогенеза (как основы дарвиновского воззрения) с номогенезом произвёл Берг. Воспользуемся его сравнением для объективных законов техноэволюции (табл. 9.1). При этом следует иметь в виду, что любое сравнение и любые аналогии могут быть ошибочными. Они становятся объяснимы и верны, если материальная и информационная сущность анализируемого позволяет истолковать наблюдаемый факт, предложить рекомендации для последующей деятельности, сформулировать прогноз, предвидя очередной шаг техноэволюции.

Таблица 9.1  
Сравнение интерпретаций эволюции

№	Тихогенез	Номогенез	Техногенез
1	Организмы развились из одной или немногих первичных форм (монофилетичность)	Организмы развились из многих тысяч первичных форм (полифилетичность)	Изделия развились из нескольких первичных форм
2	Дальнейшее развитие шло дивергентно	Дальнейшее развитие шло преимущественно конвергентно,	Специализируясь, каждая форма даёт начало новым. Ряд отстоящих форм порождает качественно отличающуюся форму-основу для специализаций
3	На основе случайных вариаций,	на основе закономерностей,	Псевдослучайно, реализуя закономерности, осуществимые в данных условиях
4	которым подвергаются отдельные особи.	захватывающих массы особей на обширной территории,	Вначале отдельные, но становящиеся массовыми из-за соответствия условиям и потока генов
5	Путем медленных, небольших изменений	скачками, пароксизмами, мутационно	Путём медленных изменений для большинства видов и скачками для отдельных, осваивающих новые ниши
6	Наследственных вариаций масса, и идут они по всем направлениям	Наследственных вариаций ограниченное число, и они идут по определённым направлениям	Вариации вероятностны и идут по всем направлениям, разрешённым природой
7	Фактором прогресса служат борьба за существование и естественный отбор	Борьба за существование и естественный отбор служат консервативными факторами, охраняющими норму	Циклом определяется движущее и консервативное проявление отбора, который направлен на максимальное использование ценозом ресурсов в целом
8	Виды в силу своего происхождения путём дивергенции связаны друг с другом	Виды в силу своего мутационного происхождения резко разграничены один от другого	Виды дивергентные связаны переходами, возникшие скачкообразно – качественно разграничены
9	Процесс эволюции состоит сплошь в образовании новых признаков	Эволюция в значительной степени есть развёртывание уже существующих задатков	Эволюция состоит в образовании новых признаков, основанных на общем генофонде и реализации природных законов
10	Вымирание организмов происходит от внешних причин: от борьбы за существование и переживания наиболее приспособленных	Вымирание есть следствие как внутренних причин, так и внешних	Вымирание происходит от внешних причин, от несовершенства генотипа или от его внутренней перестройки

Конкретизируем изложенное, основываясь на примерах и положениях закона информационного отбора, сохраняя нумерацию таблицы.

1. «Немногие» и «многие» – не апория ли это античности: «куча»? Или: станет ли человек лысым, если у него вырвать один волос? Историки говорят, что когда-то «семь» было предельно большим числом, когда-то – 40 («сорок сороков» – больше не бывает); потом – «тьма» (тысяча); сейчас «тьма тем» (100×1000) – 10<sup>5</sup> электродвигателей на Магнитогорском металлургическом комбинате.

Первичные технические формы, возникшие в быту, слишком различа-

ются функционально, чтобы иметь одного предка. Сравним: нож, молоток, лыжи, копьё, гребень, каток, связка растений (метла), расщеплённое дерево (доска), нить, игла, сосуд, и т. д. Впрочем, нож, копьё, иглу можно считать родственниками (как лыжу и доску), но, во всяком случае, Номо произошёл не от одной пары – Адама и Евы, как и техника – не от рубила неандертальца (оказавшегося родственником *Homo sapiens*, но не потомком).

Необъятное химическое разнообразие преджизни привело к жизни, текст творений которой записан в едином 20-буквенном алфавите аминокислот (в построении молекул белка участвуют обычно около 20  $\alpha$ -аминокислот и свыше 100 – не входят в состав белков). Раскрытие Дж. Уотсоном и Ф. Криком (1953 г.) трёхмерной структуры ДНК позволило говорить о материальном носителе наследственной информации. Человечество прочитало генетический код – свойственную живому единую систему записи наследственной информации. Грамотность даёт возможность «по чертежам» конструировать живые изделия (овечка Долли), запчасти для человека, создавать монстров (с непредсказуемыми последствиями), сложив буквы в слова (гены). Существенны два момента: 1) химическая эволюция привела к разнообразию, осуществила развитие жизни из преджизни (биопоэз); 2) всё живое записано единым кодом.

Для техники и технологии (и технетики в целом) своеобразной предтехниккой был период до Ньютона–Максвелла, со времени которых сложилась единая научная система взглядов и её «бумажное» оформление, закреплённые метрической конвенцией (1875 г.) и Системой электрических единиц (1881 г.). Сейчас ГОСТ 8.417–2002. Единицы величин, введённый в действие 1 сентября 2003 года и подлежащий обязательному применению в виде международной системы единиц SI (СИ), является основой технических наук (ср. ИСО 9001:2001). А строгость физических величин – необходимая и обязательная основа первой физической научной картины мира.

Что касается исходных форм, то правильнее спросить: не из скольких форм (потому что природой было подготовлено много исходного материала), а возможно ли было, имея единый код, записать сразу различно основателей всех царств (групп?): вирусы, прокариоты, протисты, грибы, растения, животные? Или какие-то основатели царств могли быть записаны только с использованием предыдущих записей? Для технетики, развивающейся на наших глазах, этот вопрос не однозначен. Мечи, лопаты, повозки были различны у разных людских сообществ. Едиными изделия не сделала и индустриализация, но могла бы сделать глобализация (Windows), если бы не конкуренция, вкусы потребителей (что, собственно, и есть ценологическое ограничение). Тем не менее, тенденция к единению документации и законов также неистребима. Для менеджмента унификация информационных потоков внутри организации (предприятия) и согласованность с внешней средой – ключевые для выживания.

2. Пусть возникла форма: автомобиль. Далее процесс идёт дивергентно: процесс расхождения признаков кажется иногда бесконечным. От первого омнибуса Г. Гернея (1831 г.) до РАФ-2203 и городского сочленённого «Мерседес-Бенц-0305Т». Общее количество выпускаемых в мире легковых моделей и модификаций превышает 2000.

Но качественно иная картина при образовании принципиально иного вида, который становится основателем семейства.

Братья Райт выполнили первый успешный полёт (1903 г.), открыв тем самым эру самолётов. Но что, с точки зрения техногенеза, они сделали? На планере, инженерно известном по полетам Ж.-М. Ле Бри (1868 г.) и особенно О. Лилиенталя (инженерные данные и заимствования у природы), был установлен двигатель внутреннего сгорания (Э. Ленуар, 1860 г.; Н. Отто, 1876 г.; Р. Дизель, 1897 г.) и применён винт (Леонардо да Винчи, 1475 г.). Налицо явная передача знания, закреплённая документально и называемая *трансдукцией*, проявление *аллополиплоидии*, т. е. изменение чертежей, их «притирка», согласование такое, чтобы появилось жизнеспособное тиражируемое изделие.

Возникнув, такие формы-основатели быстро развиваются, приобретая независимо сходные признаки внутри рода (семейства) автомобилей (обтекаемые формы, карданный вал, фары, система тормозов) и между отдалёнными родственниками (самолет, железнодорожный и водный транспорт). Налицо закон *гомологических рядов Н.И. Вавилова*: генетически близкие формы характеризуются сходными рядами наследственной изменчивости так, что, зная ряд признаков одного вида, можно предвидеть парные признаки у другого. Чем ближе генетически роды, тем полнее сходство в рядах их изменчивости.

Закон Вавилова для техники, например транспортной, легко проверяем. Достаточно расположить по годам выпуска автомобили, корабли, самолёты, железнодорожный транспорт, мотоциклы, да и танки, чтобы увидеть не только внешнее сходство, но и общий подход к основным узлам, аксессуарам. Каждая матрица показателей вида во времени оказывается попарно повязанной какими-то непознаваемыми трансцендентальными связями. Тогда, если вы что-то конструируете, рассмотрите родственные семейства, чтобы уловить тенденцию эволюции и «завтрашний день» вашего изделия. Было бы интересно встретить исследование, где выполнен анализ внешнего вида, например, электрооборудования (двигателей, трансформаторов, низковольтных и высоковольтных аппаратов) за полтора века с указанием всех гомологий.

3. Ч. Гудьир (1839 г.) уронил каучук и серу на плиту – и открыл резину. Таких случайностей описано множество: они становятся закономерными, когда созданы условия, и нет запрета природы. Обязателен определённый генетический уровень (в технике – запас знаний). Дж. Максвелл доказал существование электромагнитных волн (1864 г.), Г. Герц экспериментально получил их (1886 г.). Можно ли считать после этого случайным появление радио?

Открытие полупроводникового эффекта, тиристора (от *thyra* – дверь) и резистора (от *resisto* – сопротивляюсь) с неизбежностью вело к появлению компьютерного мира, мира мобильных.

4. Опять парадокс: на этот раз, по-видимому, Зенона. Если  $\Delta t \rightarrow 0$ , то вероятность  $P \rightarrow t(\Delta t) / \Delta t \rightarrow 0$ , какой бы поток событий ни был принят в качестве модели (обычно – Пуассона). Изменения захватывают отдельные изделия, затем (при наличии условий) идёт массовое внедрение, усиленное потоком генов, что проявляется в обмене документацией (её за-

имствовании – пиратстве, с нарушением авторских прав). Прежде всего это касается технологий и материалов. Пример – мировое производство чистого силикона, чипов, часов (вероятно, такие процессы описываются логистическим уравнением Ферхюльста). Дмитрий Иванович Менделеев, своей докторской обосновавший 40-градусное соединение спирта с водой (1865 г.), и представить не мог необъятное разнообразие водок в супермаркетах XXI века.

5. Медленные изменения характерны для большинства эволюционных изменений. В Наркомат обороны из действующей армии в 1944 году поступило свыше 100 тыс. технических предложений (71 % внедрён). ЦСУ СССР ежегодно сообщало о миллионах рационализаторских предложений и изобретений. Японская система менеджмента стимулирует улучшения, предлагаемые своими работниками. Поскольку «прорывы» по п. 2 и 3 редки, то стратегический ширпотреб ориентирован на небольшие, но многочисленные улучшения, в том числе ориентированные на моду и на расслоение по Парето (часы в корпусе из метеоритов, мобильники с бриллиантами).

6. Появление радио, телевидения, сотовой связи закономерно. К нему с необходимостью вело развитие науки и техники. Мелкие изменения – вероятностны, случайны: ручка внутрь или наружу.

Но изменения идут не по всем направлениям, какие могли бы предложить теория вероятностей, комбинаторика; направления не равноправны, есть запрещённые законами сохранения, термодинамическими и другими ограничениями. Создавая, во-первых, имеешь ограниченный набор генетического материала; во-вторых, комбинации возможны не все. Почему-то нет дрозофил с синими глазами, тракторов, способных летать.

7. Результат элементарного цикла: эволюционный сдвиг на  $\Delta s$ . Может показаться, что в результате какого-то цикла ничего не изменилось. В действительности прошло время, происходит сукцессия – развитие экосистемы, в которой отбор, по Дарвину, работает неслышно, невидимо, где бы, когда бы только ни представился к тому случай, над усовершенствованием каждого органического существа по отношению к условиям его жизни, органическим и неорганическим.

Отбор сохраняет норму. Но если в генотипе произошло псевдослучайное изменение, нашедшее отражение в фенотипе и оно благоприятно (хотя критерии этого не ясны), то статистически изменения будут отобраны и усилены в цикле размножения.

Есть два различия между эволюцией и техноэволюцией. Ч. Дарвин писал, что вымирание древних форм является почти неизбежным следствием возникновения новых. В технике это не совсем так. Экскаватор не вытеснил лопату (сохранились гвоздь, коса, топор и вообще все простейшие изделия), машины переменного тока – машины постоянного тока. Новые технологии и материалы фактически быстрее находят новое применение, новые экологические ниши, нежели заменяют в значительном объёме классические.

Второе различие принципиально. Проблема создания ценозов (и техники как дисциплины) с необходимостью возникла с выделением *документа* – аналога генетического кода. Роль документа стала важнейшей на всех



этапах цикла техноэволюции: современные изделия без документа нельзя создать, нельзя разместить (проектируя ценоз), нельзя эксплуатировать (обеспечить функционирование и развитие ценоза).

Но документ позволяет дать команду о продолжении выпуска изделия (сохранении действующего документа), не дожидаясь результатов отбора в экосистеме. Внесение изменений, аннулирование, создание нового документа могут быть процессами, которые не зависят от борьбы изделия за существование. Это не отменяет информационный отбор: какой-либо вариант изделия всё равно будет функционировать в конкретной системе. Но это позволяет многократно ускорить темпы техноэволюции по сравнению с биологической, для которой такой путь невозможен.

8. Эволюционисты не могут полно построить традиционное филогенетическое древо для всех таксонов, сведя их к единому предку: палеонтология с очевидностью констатирует редкость нахождения или вообще отсутствие промежуточных форм, что возрастает пропорционально повышению систематического ранга.

Для технетики этот вопрос ясен: у *Archaeopteryx* как примитивной птицы нет промежуточной формы. У самолёта братьев Райт, фонографа Эдисона нет промежуточных форм. Сами изделия или есть, или их нет, но есть составляющие – другие изделия, живущие самостоятельно. Налицо скачок, перерыв постепенности: или это телега, или уже автомобиль, следовательно, есть мотор, передача, управление.

Мутационные скачки могут быть и у формы, вступившей на путь специализации: мартеновское, конвертерное, электросталеплавильное производство стали; лампа Эдисона с вольфрамовой нитью; ртутные и люминесцентные лампы, светодиоды; магнитные накопители информации, гигабайтные JetFlash. Но качественно – полёт Ю. Гагарина (1961 г.) иной, чем все последующие.

При одинаковых условиях (близких) и одинаковом исходном генетическом материале вероятность подобных мутационных изменений возрастает до её реализации в единичном и массовом количестве, закреплённом отбором. Без всяких революционных потрясений это осуществляется, когда происходят небольшие изменения, микромутации. В этом случае можно составить дивергентный ряд видов, связанных друг с другом переходами.

Не сумев прочитать генетическую запись живой природы от давно вымершего до сегодняшних видов, трудно установить родство. Но вот несомненное родство: А. Вольта, уточнив опыты Гальвани, построил аппарат для получения электричества (1800 г.); М. Фарадей опытно открыл электромагнитную индукцию (1831 г.); Т. Эдисон построил первую электростанцию (1882 г.); в Экибастузе пустили блоки электростанции по 500 МВт (1980 г.). Вот несомненный ряд: С. Морзе (1840 г.) изобрёл телеграф и азбуку, отменённую в 1999 году из-за роста спутниковой связи; А. Белл (1876 г.) получил патент на телефон; А. Корп (1902 г.) – на сканирование; транзистор (1947 г.), штрих-код (1949 г.), микросхема (1958 г.), микропроцессор (1971 г.), первый ПК (1981 г.), первая версия Windows Microsoft (1985 г.), вирус Lovebug (который нарушил работу Конгресса США в 2000 г.). Здесь, в техноэволюции, совершенно неясны дискретность нового и ниоткуда



взявшееся открытие. Конечны – опыт, знание, интуиция, но и озарение, как во сне увиденная система химических элементов.

Палеотехнетик (гипотетический) едва установил бы родство между цинковыми и оловянными пластинами Вольта и турбогенератором, да даже между несомненными родственниками: вольтовым столбом и батареейкой «Крона», ГОСТ 17659–79; аккумулятором 11S92P1001Z1ZA6H5960RX.

Таким образом, не ставят ли палеонтологи нереальную задачу: восстановить родство по ископаемым остаткам, которые утратили идеальную сторону информации, неизбежную при информационных процессах?

9. Содержит ли *in potentia* детекторный приёмник трехламповый АРЗ-49? А цветной телевизор? Музыкальный центр?

Сама формулировка тихогенеза и номогенеза спорна. Каждый последующий шаг эволюции, точнее, каждый момент существования природы, опирается на достигнутые изменения внешних условий (а каждый вид – в биологии и технике, и чем выше его организация, тем в большей степени преобразует он окружающие условия в направлении, благоприятном для себя) и на сложившийся генофонд. Подчеркнём: «перестраивает», как телевизор, как унитаз.

Природа каждый раз пытается выполнить желания Агафьи Тихоновны: губы Никанора Ивановича приставить к носу Ивана Кузьмича, да взять развязности, да добавить дородности. И если есть условия и такая реализация не запрещена законами сохранения, другими физико-химическими законами, специальными требованиями, то она осуществляется: получается магнитола или редька *Raphanobrassica* Г.Д. Карпеченко.

Процесс эволюции состоит в образовании всё новых и новых, и новых признаков, большей частью незначительных, которые сортируются отбором. Все нововведения опираются на статистическую возможность реализации объективных законов в виде сочетания сущностей, отражающих данные условия среды и уровень генофонда.

10. Вымирание видов есть чаще результат воздействия внешних причин. Но в технике изделие, освоённое и выдержавшее борьбу за существование в экосистеме, может оказаться нетехнологичным: сложная компоновка, трудоёмкость сборки и др. Приходится дорабатывать чертежи, обеспечивая совершенство форм. Переход на печатный монтаж – это в большей степени технологическое требование, а бум нанотехнологий, где оперируют атомами и молекулами, – вероятно, всё-таки насыщение, предел. Предел чего?..

В порядке подведения итога заметим, что ценологические модели видового, ранговидового и *H*-распределений по параметру действуют в ценозах-сообществах, образованных множеством элементов-особей разных видов. Эти *H*-ограничения и должен в своей деятельности учитывать менеджмент. Что касается информационного отбора, собственно экспериментальной эволюции, то закон «размазан» по этапам и подэтапам, охватывая отдельные виды, порождая новые виды и даже основателей рода, семейства.

Отбор же случайных ненаправленных вариаций, по Ю. Чайковскому, действительно может приводить к появлению нового полезного свойства, но только при выполнении весьма жестких условий. Перечислим их.

1. Приспособление состоит в очень простом изменении наличного материала, а не в создании чего-то более сложного.

2. Отбор эффективен только в рамках одной группы (популяции) при документальной фиксации изменения в рамках единого комплекта конструкторских расчётов и чертежей.

3. Он действует по схеме искусственной селекции, т. е. отбираемый вариант подвергается быстрому размножению (положительному отбору), тогда как остальные варианты вида не конкурируют с ним за ресурсы, а попросту отстраняются от размножения.

4. В данной популяции в данное время может отбираться лишь один квант селекции (уверенность дарвинизма, что отбору непрерывно подвергается всё разнообразие свойств сразу, не имеет ни фактического, ни математического основания).

5. Изменчивость отбираемого признака должна во много раз превышать ту, какая совместима с сохранением наследственности, чтобы появился материал для отбора.

При этих условиях акт отбора происходит сразу, так как отбираемое свойство является готовым приспособлением. Постепенного формирования приспособления из частей, не являющихся приспособлениями, не происходит. Более того, при отборе не бывает постепенного накопления слабовыгодных признаков.

#### *Контрольные вопросы*

1. Поясните понятия, обозначенные в заголовке лекции.

2. Назовите несколько первичных технических форм видов, явившихся основателями технических семейств.

3. Приведите примеры самодостаточных изделий-видов, объединение нескольких из которых ведёт к возникновению нового вида (семейства).

4. Конкретизируйте примерами закон Вавилова для транспортных средств.

5. Какие из открытий в науке и технике, объяснимых случайностью, вы знаете?

6. Составьте ряд, характеризующий эволюцию основных семейств электрооборудования и сетей.

7. Обоснуйте вытеснение трамвая из центра городов, замену масляного электрооборудования и сетей, отказ и возврат в связи с намечаемой экологической нишей для паровоза.

## Лекция 10. Параллели эволюции

Поскольку на практике специалисты разных отраслей знаний всё более и более специализируются, терминологический барьер возникает даже в том случае, когда разные специалисты говорят об одном и том же явлении. С целью сформулировать коллективное видение проблем глобальной эволюции и математического описания микро-, макроэволюции и эволюции на уровне био- и техносферы, попытаемся показать некоторый параллелизм и общность закономерностей эволюции биологической и техноэволюции, дополнив и пояснив тем самым предыдущую лекцию.

Речь идёт о 44 законах и закономерностях (пункты 1 и 46 не есть законы). Законы приводятся без ссылок (ссылки содержатся в книге: Б.И. Курдин. Классика технических ценозов. – М.: 2006).

I. Сейчас *теория эволюции* в биологии интерпретируется различно, но не на основе естественного отбора Ч. Дарвина. Для объяснения техноэволюции предложим своеобразную сводку, в основе которой дарвиновские и недарвиновские представления. Конечно, отдельные положения можно считать устаревшими, но их приведение в соответствие с современными научными взглядами требует большой научно-исследовательской работы, в которой могут принять участие заинтересовавшиеся. Во всяком случае, мы отстаиваем гипотезу, что техноэволюция на качественно ином уровне повторяет черты эволюции биологической с отличиями, вытекающими из факта отделения документа. Будем использовать далее все биологические термины, относя их к технике.

II. *Естественный отбор и техноэволюция*. Теория Ч. Дарвина основана на естественном отборе, который является единственным и достаточным направляющим эволюцию элементарным фактором; его действие всегда векторизовано. По Вейсману: «отбор есть причина и всемогущий фактор эволюции». Синтетическая теория эволюции объединила подходы, часть из которых ранее даже противопоставлялась дарвинизму.

Техноэволюция есть отражение общих законов развития техники и технологии и принципов создания изделий и их сообществ. Направляющим техноэволюцию элементарным фактором является информационный отбор, действие которого векторизовано.

III. *Об определении эволюции*. Сам термин *эволюция* используется в биологии для обозначения процессов исторического развития различных живых организмов. Наиболее полное определение эволюции предложено Ф. Добжанским и Е. Безигером, которые выделяют следующие главные её особенности.

1. *Эволюция* – творческий процесс. Её основой является «возникновение новшеств».

2. Наличие новшеств необходимо, но недостаточно для эволюции, так как биологически ценны только новшества, обеспечивающие выживание особи и вида.

3. Оценка новшеств – кибернетический процесс естественного отбора, закономерно приводящий популяции и виды в гармонию с окружающей средой и накапливающий в генотипах информацию о прошлых и настоящих окружающих условиях.

4. Эволюция совершается путём проб и ошибок, естественный отбор приспособливает вид к условиям, существующим только в данное время и в данном месте. Это приспособление может затруднить приспособление к будущей среде и содержит опасные моменты, связанные со специализацией.

5. Эволюция противоположна онтогенезу, который совершается по заранее заданной программе. Эволюция – это непрограммированное развитие.

6. Преемственность – фундаментальное свойство эволюции: каждое изменение обусловлено предшествующими изменениями и обуславливает те, которые последуют за ними. Для эволюции необходима преадаптация.

*Техноэволюция* – творческий процесс, основой которого является вариофикация. Новшества, обеспечивающие выживание и воспроизведение вида (в большом количестве изделий) в кибернетическом цикле техноэволюции, отбираются информационным отбором. Техноэволюция совершается путём проб и ошибок, сокращение которых обеспечивается применением логики и познанных законов природы. Техноэволюция идёт по пути специализации. Если индивидуальное изготовление изделия (онтогенез) совершается по заранее заданному документу, то техноэволюция в целом есть непрограммированное развитие. Преемственность техники и технологии, проявляющаяся в документе, – фундаментальное свойство техноэволюции.

IV. *Микро- и макроэволюция.* Различают эволюционные изменения в пределах популяций (микроэволюция), эволюцию видов (видообразование) и эволюцию крупных групп (макроэволюция).

В технетике следует различать микроэволюцию – изменения, вносимые в изделие или их группу (популяцию), например замена круглого провода в электродвигателях на провод по форме, близкой к форме паза; видообразование, например освоение на базе видов единой серии электродвигателей сельскохозяйственного назначения; макроэволюцию – замену двигателей серии А2 серией А4, появление элегазовых высоковольтных выключателей, внедрение в домостроении более 100 серий, включающих 2000 блок-секций и домов.

V. *Определение микроэволюции.* Скрещивающаяся популяция представляет репродуктивную единицу. В популяции данного вида может быть несколько дискретных форм, различающихся по какому-то наследственному признаку (полиморфизм). Тогда микроэволюция – систематическое изменение частот гомологических аллелей, участков или целиком хромосом (изменения в генофонде какой-либо вариантной формы).

В технетике популяция – группа особей одного вида, которые находятся в данном ценозе (например, на предприятии) и изготовлены по одной документации – может быть пополнена другими особями-изделиями, изготовленными по той же документации. Комплект документации на изготовление изделия есть генотип.

В популяции данного вида может быть несколько дискретных форм, различающихся по какому-либо наследственному признаку (фланцевые крепления электромашин малой мощности имеют исполнения:

- 1) с упорным буртиком, выточкой и большой центрирующей заточкой;
- 2) то же, но с малой заточкой;
- 3) без выточки с большой центрирующей заточкой;
- 4) то же, с малой;
- 5) обычное и герметичное.

Тогда микроэволюция – систематическое изменение частоты применяемых документов и внесение изменений в комплект документации на изготовление изделия.

VI. *Факторы микроэволюции.* Известны следующие факторы микроэволюции: мутационный процесс и поток генов (создают изменчивость), естественный отбор и дрейф генов (сортируют изменчивость). Ошибочна абсолютизация любого фактора (мутационизм, гибридогенез, преадапационизм).

В технетике могут быть названы следующие факторы микроэволюции: мутационный процесс (случайность); появление новых идей (документов) по созданию и усовершенствованию изделий в результате собственных НИОКР либо заимствованных (поток генов); сортировка, осуществляемая информационным отбором. В случае отделения предприятия вместе с конструкторским бюро от другого возможно массовое внесение изменений в изделие (дрейф генов). Любой из факторов не может быть абсолютизирован.

VII. *О частоте мутирования.* Частота мутирования для одного и того же вида имеет широкие пределы, и частота мутаций выше у высших организмов. «... Вообще генотип достаточно устойчив лишь в небольшом масштабе времени, и мутационный процесс, хотя и медленно, но непрерывно имеет место» (по Серебровскому А.С.).

Частота мутирования различна для разных видов, и для одного и того же, но в разное время. В общем, изменения, вносимые в конструкцию болта, вносятся реже, чем в конструкцию электродвигателя, а в электродвигатель – реже, чем в цветной телевизор или в компьютер. Мутации непрерывны.

VIII. *Жизнеспособность мутаций.* Большинство новых мутантов характеризуется более низкой жизнеспособностью. Случайность мутаций состоит в том, что они не направлены в сторону какого-либо нынешнего или будущего состояния приспособленности особи. Существенно чаще встречаются малые мутации.

Большинство новых идей не жизнеспособно, при этом значительная часть их не воплощается даже в документ (рабочий чертёж). Малая часть идей воплощается в металл, ещё меньшая часть идей, реализованных в металл, идёт в серию. По нашей оценке, соотношение между числом проектов и числом их реализаций – 10:1. Ср. ряд самолётов Лавочкина: ЛаГГ-1, Ла-51, ..., Ла-250.

IX. *Об иммиграции.* Поток генов есть иммиграция носителя аллеля из другой популяции. Поток генов есть непосредственная причина изменчивости в рассматриваемой популяции. В природе широко распространено сочетание оседлости с расселением некоторых особей на большие расстояния.

Для потока документации характерна избирательность иммиграции по отраслям (специальностям) и ограниченным районам, соответствующая оседлости. Происходит рассеивание лишь одиночных идей, преодолевших ведомственность, специальность, район.

*Х. Плейотропия.* Сложные фенотипические признаки определяются не единичными генами, а их сочетаниями. Плейотропия неизбежна. Генетиками просмотрено  $2 \cdot 10^9$  особей дрозофил и не найдено ни одной мухи с синими глазами. Рекомбинация сцепленных генов происходит в результате кроссинговера. Из-за рекомбинации новые аллели, носителями которых первоначально, вероятно, были разные особи, могут сочетаться в одном генотипе.

Неизбежность плейотропии проявляется в том, что единичное документальное решение (ген) влечёт множество следствий, которые проявляются в конструкции изделия. Например, двигатель на лапах и фланцевого крепления, обдуваемый, имеет один или два конца вала, новый тип изоляции. В генотипе изделия может быть рекомбинация различных признаков (готовое изделие), в том числе тех, которые первоначальной документацией не предусматривались.

*XI. Простейшая форма отбора.* Простейшая форма естественного отбора – отбор по одному признаку. Современная теория приравнивает естественный отбор к дифференциальному размножению альтернативных форм генов, генотипов или других воспроизводимых единиц. Компоненты приспособленности различны. Различают: 1) адаптированность; 2) успех размножения.

Простейшей формой информационного отбора является отбор изделия по одному признаку. Важно, чтобы адаптивная ценность генотипа (фенотип – реализованный генотип), проявившаяся в эксплуатации, была закреплена документально и способствовала изготовлению (размножению) других особей этого вида.

*XII. Область действия отбора.* Отбор действует на любом этапе развития особи, т. е. объектом отбора является не только взрослый организм, но все стадии индивидуального развития.

Информационный отбор действует на любом этапе цикла существования изделия: наличие генотипа, возможность и технологичность изготовления изделия, наладки и монтажа; результат функционирования изделия в конкретном техноценозе; оценка цикла, закреплённая документом.

*XIII. Генотип – единица отбора.* Генотип детерминирует проявление одного и того же фенотипического признака в различных условиях (средах). Каждый данный ген воздействует более чем на один фенотипический признак (плейотропия), что усложняет действие отбора. Единицей отбора является генотип.

В технике генотип детерминирует проявление одного и того же фенотипического признака в различных средах, т. е. изготовленное изделие может быть отправлено и на север, и в среднюю полосу. Так как каждое документальное решение, например новые тормозные устройства у КамАЗов, воздействует на много признаков, действие отбора затрудняется. Но в любых альтернативных вариантах решается вопрос об изделии в целом, т. е. отбирается тот или иной генотип целиком.



XIV. *Виды отбора.* Различают ведущий (направленный), стабилизирующий, дизруптивный отбор. Ведущая форма отбора выражается в создании новой формы реагирования, свойственной виду. Стабилизирующий отбор элиминирует все случайные отклонения от нормы. Дизруптивный (разрывающий) отбор сохраняет крайние типы и элиминирует промежуточные.

В технетике следует различать ведущий отбор, способствующий закреплению нового – сдвигу (применение всё более теплостойкой изоляции); стабилизирующий (осуществляемый ОТК); дизруптивный (специализация электрооборудования для различных условий работы).

XV. *Превосходство вариантности (вариофикации).* Существует превосходство гетерозигот. И можно говорить об уравнивающем отборе, который благоприятствует гетерозиготам. В популяции поддерживается состояние сбалансированного полиморфизма.

Существует превосходство технических изделий, выпускаемых вариантно. Полиморфизм проявляется в создании комплекса документов, по которым можно изготовить множество разновидностей и видов для широкого спектра условий среды и требований потребителей (заполнить все экологические ниши). Так, для серии 4А, кроме двигателей основного исполнения, было предусмотрено 25 модификаций, в том числе с повышенным скольжением, многоскоростные, малошумные и т. д., всего в серии 30 000 типополноценных.

XVI. *Необходимость конкуренции.* Естественный отбор происходит и в отсутствие конкуренции, особенно в тех случаях, когда селективными силами служат физические факторы среды, но эффективность отбора повышается при наличии конкуренции.

Информационный отбор действует постоянно. Но эффективность его повышается при наличии нескольких изделий, близких по параметрам (занимающих одну экологическую нишу), т. е. при наличии выбора.

XVII. *Действие дрейфа.* Эффективное действие дрейфа генов характерно для следующих ситуаций: 1) популяционная система состоит из ряда изолированных колоний, размеры которых остаются небольшими; 2) популяция обычно имеет большие размеры, но периодически сокращается; 3) большая популяция даёт начало изолированным дочерним колониям (ср. волны жизни С.С. Четверикова).

Эффективное действие дрейфа документов характерно для следующих ситуаций: 1) изделие-вид выпускается несколькими изготовителями, имеющими свои КБ, по близкой документации (первоначально согласованной); 2) изделие выпускалось широко, но произошло резкое падение спроса, так что выпуск продолжает лишь малое число изготовителей, ориентируясь на свои чертежи и оснастку; 3) большой завод-изготовитель даёт начало дочерним компаниям (ХЭМЗ – «Электромашина», г. Прокопьевск).

XVIII. *Эволюция имеет цену.* Существует плата за отбор и скорость эволюции в биологии, но существует плата и за информационный отбор, проявляющаяся, в частности, в затратах на выпуск изделий, снимаемых с производства из-за низкого качества, и плата за скорость эволюции, проявляющаяся в расходах на НИОКР.

XIX. *Не по Ламарку.* Фенотипические биологические модификации не

наследуются. Существует определённая фенотипическая пластичность, которая вызывает запаздывание элиминирующего действия отбора.

Какими существенными или несущественными ни были бы изменения, вносимые в фенотип («взрослое» изделие, действующее в конкретном технотенозе), они не наследуются (для наследования их надо вносить в документацию, по которой выпускается изделие). Существует определённая фенотипическая пластичность; поступившее в технотеноз изделие подделывается (доделывается) и затем эксплуатируется (если оно в общем соответствует требованиям). Это вызывает запаздывание элиминирующего действия отбора.

**XX. *Случаи наследования.*** Существуют случаи наследственного изменения, возникшие в результате приобретения чужого генетического материала (трансформация; перенос фагом бактериального генетического материала – трансдукция, у многоклеточных организмов – индукция).

Существуют случаи трансдукции: совмещение в одном генотипе документации, которая возникла и развилась сама по себе. Это даёт фенотип, отличающийся от родителей: молоковоз (автомашина и цистерна), радиола.

**XXI. *Различие видов.*** Различают биологический, таксономический и последовательные виды.

Следует различать виды: технетический, включающий комплекс документов, по которым можно изготовить вид и все его разновидности, например, все модификации трансформатора ТМ 1000; таксономический – выделение вида для целей классификации, отчётности, ремонта и др.; последовательный, например, асинхронный короткозамкнутый электродвигатель 28 кВт из серии А-АО, внедрённой в 1950–1957 годах (начало разработки – 1946 г.), затем – А2, АО2 (1957–1959 гг.), 4А – (1970–1972 гг.), далее не вошедший в серию 5А (1985 г.); сейчас – многообразие техники захлестнуло всё, что отражает глобализацию экономики.

**XXII. *Дивергенция и дифференциация.*** Дивергенция на уровне вида сопровождается возрастанием дифференциации генотипа, реализуемого фенотипическими отличиями, более сильной изоляцией. Дж. Гулик описал свыше 30 форм изоляции.

Расхождение признаков на уровне вида сопровождается всё большей дифференциацией документации, пока не возникает вопрос о выпуске для каждого изделия своей документации. Произошло видообразование.

**XXIII. *Виды-двойники и виды-близнецы.*** Можно различать два крайних случая при анализе близких видов: чрезвычайную морфологическую близость (вплоть до «неотличимости») – виды-двойники; хорошую морфологическую дифференцировку – виды-близнецы.

Широко известное явление в технике: виды-двойники – например, радиолампы 6П14П и EL84; виды-близнецы – 6ПЗС и 6П14П.

**XXIV. *Географическое видообразование.*** Особый способ дивергенции – это географическое (пространственная изоляция) видообразование, осуществляемое от общей предковой популяции через аллопатрию (обитание в разных местах) к биологическому виду с возможным образованием симпатрических (обитание в одной области) популяций.

Географическое видообразование в технике – наиболее общее явление.

Именно таким образом образовалось 40 моделей выпускаемых холодильников (в том числе не пользовавшиеся спросом: «Наст», «Самарканд», «Аист»), параллельные тракторы Т-74 и ДТ-75. В технике пространственная изоляция (следовательно – видообразование) усиливается межведомственными барьерами.

XXV. *Основания изоляции.* Биологическая изоляция основывается на биологических различиях (эколого-этологическая, морфофизиологическая, собственно генетическая изоляция).

Техническая изоляция основывается на технических различиях, отражённых в документации. Например, метизы в какой-либо машине все с метрической резьбой, а в другой, внешне такой же, все – с дюймовой.

XXVI. *Правило Бергмана и правило Аллена.* Виды теплокровных позвоночных крупнее в областях с холодным климатом, чем в тёплом (правило Бергмана), длина выступающих частей тела короче (правило Аллена).

Действие правил Бергмана и Аллена наблюдается, в частности, для транспортных изделий и особенно отчётливо – для индивидуальных домов: отсутствие в Сибири окошек на север, меньше различные проёмы, лестницы и др. по сравнению с Абхазией.

XXVII. *Квантовое видообразование.* Существует квантовое видообразование, основанное на сочетании отбора и дрейфа генов. Квантовое образование происходит быстро и может вызвать резкие изменения.

Примерами массового квантового видообразования могут служить история отечественной радиотехники с 1946 года, взрыв исследований по разработке антибиотиков.

XXVIII. *Аллополиплоидия.* Одним из способов видообразования является аллополиплоидия (амфиплоидия), возникающая в результате межвидовых скрещиваний. Полиплоидными называют клетки, особи или популяции, содержащие более двух наборов хромосом (геномов).

По существу большинство технических изделий (автомшины, станки, радиоаппаратура) – аллополиплоиды: документация на их изготовление (генотип) содержит в явном или неявном виде документы на изготовление других изделий. Но сейчас сложное изделие воспринимается как единое целое: сравним состав детекторного приёмника с современным, или автомобиль Е. Яковлева и П. Фрезе (1896 г.), «Запорожец» и «Мерседес». Современное изделие состоит из множества других, когда-то бывших самостоятельными.

XXIX. *Сущность видообразования.* Сущность видообразования состоит в создании различных репродуктивно изолированных наборов приспособительных сочетаний генов (вопрос о развитии тканевых адаптаций и изоляции на основе тканевой несовместимости).

Сущность видообразования состоит в создании документа, по которому изготавливается изделие (какого-то вида), отличающееся от других, и которому присваивается имя (техническое наименование). Документ имеет технические и технологические особенности, не позволяющие подменить его другим (иначе получим другой вид).

XXX. *О макроэволюции.* Существуют две точки зрения на проблему, является ли макроэволюция простым продолжением микроэволюции: первая

считает единственным различием продолжительность; вторая предполагает наличие особых факторов и процессов.

Макротехноэволюция – более продолжительный процесс: сравним замену поршневой авиации турбореактивной, замену ТУ-104 на ТУ-134, затем на ТУ-154. Но, вероятно, она имеет и специфические законы, ещё не познанные.

XXXI. *Направленность эволюции.* Палеонтологами установлен факт последовательного прогрессивного изменения в филетических линиях – направленность эволюции. Согласно синтетической теории направленность эволюции исходит не от организма, а от взаимодействия организма со средой.

Направленность техноэволюции – очевидна.

XXXII. *Правило Копа.* Во многих группах животных наблюдается увеличение размеров тела в течение филогенеза (правило Копа). Селективные преимущества: взаимоотношения «хищник–жертва», развитие высшей нервной деятельности, сила, сохранение тепла в организме.

Технетические примеры действия правила Копа: паровозы от известного О-3-О (1869 г.) до ФД, электропередача – до ВЛ 1150 кВ, единственный турбогенератор 1200 МВт и др. Следует обратить внимание, что гигантизм часто свидетельствует о том, что эволюционно вид (род) зашёл в тупик, и ожидается его замена (вымирание).

XXXIII. *Развитие узкой специализации.* В биотическом сообществе, в которое входит несколько или много видов со сходными экологическими потребностями, обычно наблюдается развитие ряда узкоспециализированных форм. Часто группа организмов, вступившая на путь специализации, в дальнейшем будет идти по этому пути всё в большей степени (правило Денере). Обычно новые крупные группы организмов берут своё начало от сравнительно примитивных неспециализированных.

Во время массового распространения в стране радиоаппаратуры (1950–1960 гг.) появилось много видов, и быстро начался процесс специализации, захвативший надвидовые таксоны: в справочнике 1960 года приведены ламповые приёмники и радиолы (16 шт.); уже к 1967 году их общее количество возросло в 1,5 раза (хотя было снято 52 шт.), и добавились стерео-радиолы, магнитолы и магниторадиолы, настольные транзисторные радиоприёмники и радиолы, малогабаритные транзисторные радиоприёмники, удвоилось количество видов автомобильных приёмников.

Обычно новые группы видов берут своё начало от сравнительно примитивных – например, карманные радиоприёмники произошли, скорее, от «Рекорда», чем от «Латвии». Так же – микроавтобусы.

XXXIV. *Вымирание и специализация.* При изменении окружающей среды узкоспециализированному организму вымирание угрожает сильнее, чем организму с широкой специализацией.

При изменении окружающих условий узкоспециализированное изделие вытесняется скорее. Многоламповые приёмники были побеждены телевизором; карманные (имеющие более широкую экологическую нишу) – остались. Узкоспециализированные, комфортабельные, скоростные автомашины первыми ощутили изменения, связанные с обеспечением топливом.

XXXV. *Необратимость эволюции.* Направление эволюции, связанное с каким-либо сложным признаком или сочетанием признаков, нередко становится саморазвивающимся. Можно говорить об общем законе необратимости эволюции (закон Долло): организм не может вернуться к предшествующему состоянию (даже если окажется в практически тождественных условиях).

Необратимость техноэволюции очевидна. Из-за изменения сырья, технологии, системы документации нельзя возвратиться к выпуску уже снятого ранее. Система документации не даст восстановить утерянный генофонд, учитывая количество ссылок в каждом проекте на ГОСТ, РТУ и т. д.

XXXVI. *Скорость эволюции и простота.* Существует корреляция между положением, которое занимает данный организм в пирамиде численности, и скоростью его эволюции. Организмы в основании пирамиды, характеризующиеся быстротой размножения, имеют обычно низкие скорости эволюции, на вершине – высокие.

Для подтверждения корреляции между численностью изделий (быстротой размножения) и скоростью эволюции можно сослаться на болты и металлообрабатывающие станки, конторские счёты и ноутбуки.

XXXVII. *Критерии прогрессивности эволюции.* Критерии прогрессивной эволюции в ряду от низших животных к высшим позвоночным: 1) повышение энергетического уровня жизненных процессов, т. е. возрастание скорости метаболических процессов; 2) повышение эффективности размножения, в том числе усиление заботы о потомстве; 3) улучшение восприятия сигналов, поступающих из внешней среды, и способности реагировать на внешние раздражители; 4) возрастание способности управлять средой и уменьшение зависимости от неё.

Критериями прогрессивной техноэволюции можно считать: 1) повышение КПД использования энергии, переход на низкоэнтропийную энергию; 2) повышение эффективности изготовления изделия за счёт последующих работ по доводке и наладке; 3) появление у изделий реакций на сигнал (изменение состояния без разрушения, т. е. рабочее изменение состояния); 4) уменьшение зависимости от внешней среды.

Последнее очень существенно. Автомобиль фактически изменил облик суши, потребовав создания дорог. КамАЗы в своё время потребовали для ремонта специального гаражного и диагностического оборудования, гидравлического и пневматического инструмента; сейчас каждый автосервис специализируется на своей марке машин. Для жизнеобеспечения машины требуют специальных масел, смазок, жидкостей.

XXXVIII. *Суть – в разнообразии.* «Вся суть органической эволюции в её разнообразии» (В. Грант). «С какой бы точки зрения ни рассматривать природу, всегда поражает обилие и разнообразие её творений» (Рене Жюст Гаюи). «Пожалуй, наиболее впечатляющее проявление живой природы – её разнообразие» (Э. Майр).

Вся суть техноэволюции – в её разнообразии. Даже о ракетах в сегодняшнем мире можно сказать, что многообразие их поразительно. В СССР ежегодно выпускалось 10–12 млн наименований изделий (1981 г.), каждое из которых как вид поштучно (т, м<sup>2</sup>, м<sup>3</sup> и проч.) планировалось Госпланом.

А сложности нано- и прочих высоких технологий? Уже не поражают возможность передачи немереных гигабайтов, свойства новых кристаллов и материалов.

XXXIX. *Типы направлений эволюции.* Исходя из типов эволюционных направлений, можно выделить три главных: 1) кратковременные направления специализации; 2) длительные направления специализации; 3) прогрессивные эволюционные направления, которые влекут за собой общее совершенствование биологической организации.

В качестве примера кратковременных направлений специализации можно привести изменения диффузоров громкоговорителей. Но это статическое направление сменилось длительным: улучшением характеристик динамической системы. Примером прогрессивного эволюционного направления является развитие асинхронных электродвигателей, начатое М.О. Доливо-Добровольским (1889 г.). Оно может быть охарактеризовано усилением специализации, повышением электромагнитных нагрузок и улучшением энергетических показателей.

XL. *Доказательства макроэволюции.* В пользу существования макроэволюции могут быть предложены следующие группы доказательств:

- 1) принцип Оккама;
- 2) данные палеонтологии;
- 3) таксономический характер взаимосвязей между ныне живущими видами;
- 4) географическое распространение;
- 5) гомологии;
- 6) рудиментарные органы;
- 7) биохимические сходства.

В пользу существования макротехноэволюции могут быть предложены доказательства:

1) объяснив видообразование в терминах эволюции, не следует умножать сущности (разработка упрощённых компьютеров для малоимущих);

2) данные истории техники, ещё не забытые, говорят, что все машины имеют общего предка – машину Герике (1650 г.) и опыты М. Фарадея (1831 г.); можно построить последовательные виды, вероятно, по большинству выпускаемых сейчас изделий;

3) все выпускаемые и выпускавшиеся изделия (электрооборудование) классифицируются, образуя импликацию между таксонами;

4) географическое распространение находится в определённом соотношении с местом разработки проектной документации и изготовления изделия;

5) гомологические ряды Вавилова в технике проявляются хорошо: обтекаемые формы транспорта, расположение фар и др.;

6) рудиментарные остатки: светильники как свечи; близко – мимикрия Бейтса (съедобные насекомые – под несъедобные): игрушка как настоящее ружьё и др., люстры под хрусталь;

7) технетическое сходство – единство всей документации: единство, основанное на системе описания закономерностей материального мира, на действующей системе стандартов, директивных и рекомендуемых доку-



ментов.

XLI. *Сходство развития отстранённых таксонов.* Целостность рода, семейства (и других таксонов выше вида) определяется уже не собственной эволюционной судьбой (как у вида), а принципиальным единством «плана строения» и образованием сходных в общем, хотя и различающихся деталями, экологических ниш, часто в пределах одной адаптационной зоны.

Несомненно какое-то принципиальное сходство в развитии, например, автомобиле- и самолетостроения, механо- и электрооборудования.

XLII. *Временные различия.* Различия между вымершими и современными животными тем больше, чем древнее вымершие. Многие виды и роды появляются в палеонтологической летописи внезапно, обнаруживая резкие и многочисленные отличия от всех более ранних групп.

Различия между снятыми с производства изделиями и выпускаемыми тем больше, чем больше разделяющее эти события время. Каждый новый вид, дающий начало семейству, появляется как бы внезапно, не имеет предшественника. Первый фонограф, электролампа, самолёт – скачок налицо. Но он подготовлен информационно. Соответствие генетического сочетания действующим законам природы дало реализацию, которая и заняла пустующую экологическую нишу.

XLIII. *Персистирование.* Существует стабилизация того или иного комплекса признаков (персистирование), наблюдающаяся и для таксонов высшего ранга (типы и классы), и только для видов.

Существуют комплексы признаков, мало меняющиеся со временем. Учитывая, что функциональное назначение многих видов изделий со временем не меняется, явление персистирования следовало бы изучить и развивать.

XLIV. *Эволюция и уровни организации.* Эволюция может идти в сторону повышения уровня организации (прогресса), понижения его (регресса), адаптивных преобразований, происходящих в одной плоскости, т. е. без повышения или понижения уровня организации (идиоадаптация, аллогенез).

Техноэволюция обычно направлена в сторону повышения организации: идёт усложнение изделий, качественное их изменение, количественный рост составляющих, цефализация (выделение центров управления), но есть и понижение организации (упрощение изделий), и сохранение в одной плоскости (плавкие предохранители).

XLV. *Конкуренция и видовое родство.* Дарвином отмечено, что наиболее ожесточённая конкуренция должна происходить между формами, наиболее близкими: разновидностями, видами, ближайшими родами (закон Гаузе).

Чем более близкую экологическую нишу занимают два вида изделий, тем острее у них борьба за существование: ТМ560 и ТМ630 (сравните с ТМ2500); ртутные и тиристорные выпрямители; высоковольтные выключатели ВМГ-133-1000/350 и ВМП-10-1000/350.

XLVI. *Констатация эволюционного параллелизма.* Изложенное явилось переложением теории эволюции, разделяемой, как будто, большинством биологов. Очевидно, что законы эволюции отличаются от законов техни-

ки иной аксиоматикой (а это порождает достаточно много вопросов). Но, во-первых, общим становится применение математических методов для описания генетических процессов и систем разных иерархических уровней; во-вторых, правильность теории подтверждается объяснением ею большинства явлений, характеризующих развитие живого.

Изложенное есть не систематическая теория, а предложение, из которого вытекает, что у эволюции и техноэволюции имеется слишком много аналогий и параллелей, чтобы они были случайными.

#### *Вместо контрольных вопросов*

Рекомендуется пополнить техническими примерами действие двух-трёх из предлагаемых 44 законов и закономерностей. Для студентов выполнение задания рассчитано на один месяц и является обязательным наряду с построением видовой  $H$ -распределения для произвольного, но связного текста объёмом 5000 знаков.

## Лекция 11. Стадии (этапы) инвестиционного проектирования\*

Под проектированием понимают весь комплекс работ по проектному обеспечению каждого из этапов «жизненного цикла» объектов строительных инвестиций – от предпроектных обоснований до ликвидации объекта. Проектирование имеет особо важное значение для обеспечения и поддержания качества строительной продукции. Оно осуществляется, как правило, на протяжении всего жизненного цикла объекта строительства.

Понятие *проектирование* есть понятие историческое и развивающееся, и оно, как и понятие *проект*, имеет много определений, которые толкуются в широком смысле, вплоть до проекта культурного (художественная выставка) или специального мероприятия (митинг), и в узком (проект установки КТП или замены электропривода на частотный) смысле как некоторое человеческое действие или мыслительный процесс (*projectus* – брошенный вперед; воспринималось, в частности, и как право сделать пристройку к своему дому над чужим участком). По Далю, это «проект-план, предположение, предначертанье, задуманное, предположенное дело, и само изложение его на письме или в чертеже».

Уже 200 лет назад стали различать, что проектировать – значит:

- 1) предлагать что-либо для последующего рассмотрения;
- 2) набрасывать на бумагу планы построек или сооружений;
- 3) чертить проекции на плоскость (слово *конструкция* тогда применялось в значении – устройство, строение какого-либо предмета, но отсутствовало слово *конструктор* как специалист, проектирующий новое техническое устройство).

Понятие трансформировалось в XX веке в деятельность:

- 1) по оценке реализованных технических (иных) решений, прогнозу перспективы, тактике и стратегии развития производства и услуг;
- 2) по проведению научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по созданию образцов (серийного производства) техники, технологии, материалов как продукции и продукции не для промышленного применения, наконец, работ, связанных с экологическими ограничениями;
- 3) по выпуску проектно-сметной документации на капитальное строительство (инвестиционное проектирование, проектирование технотензов).

Все три вида деятельности имеют принципиальные отличия.

Инвестиционный проект может иметь государственный или отраслевой характер (строительство АЭС); региональное или городское значение (строительство подстанции 220/110 кВ; ЛЭП 110(110), 330(154) кВ; заводское (строительство ГПП и РП) или цеховое назначение (РП 6(10) кВ, КТП 10-6)/0,4 кВ). И в каждом случае необходимо определять электрическую нагрузку

---

\* С учётом Постановления Правительства РФ от 16 февраля 2008 г. № 87 «О составе разделов проектной документации и требования к их содержанию» (далее – Постановление № 87).

ку  $P_p = P_{\max}$  и годовой расход электроэнергии  $A$ , кВт·ч. Важно, что здесь документ разрабатывается не для непосредственного материального действия (заказа оборудования, например), но лишь для принятия решения о необходимости действия, его последствиях, стоимости и др. Документ оценивает существующую ситуацию, используя информацию по аналогам, и пытается прогнозировать изменения на перспективу. Проектировщик осуществляет некоторый информационный отбор, предлагая некоторый техноэволюционный шаг вперёд (он может оказаться и шагом назад). Шаг оценивается в наиболее полной мере после его реализации, когда фиксируется материально очень сложный акт интуиции; оптимальное удовлетворение суммы истинных потребностей при определённом комплексе условий.

Для специалиста проект – вдохновенный прыжок от фактов настоящего к возможностям будущего; радость творчества, которая вызывает к жизни нечто новое и полезное, чего ранее не существовало. Приведём некоторые определения, опирающиеся на ISO 9001–2000.

*Проект* – ограниченное во времени целенаправленное изменение отдельной системы с установленными требованиями качества результатов, возможными рамками расхода средств и специфической организацией. Понятие проект обозначает комплекс взаимосвязанных мероприятий для достижения в заданное время и при установленных ресурсах поставленных задач с чётко определёнными целями. Цель проекта – доказуемый результат при заданных условиях реализации.

Проект можно классифицировать по основным сферам деятельности, по составу и структуре предметной области, масштабу, длительности, сложности, характеру предметной области, временной ограниченности продолжительности проекта (краткосрочный – до трёх, среднесрочный – до пяти, долгосрочный – свыше пяти лет), отношению к финансированию, ограниченности ресурсов, неповторимости, новизне, комплексности, правовому и организационному обеспечению, разграниченности.

*Инвестицией* называют долгосрочные вложения капитала в отрасли экономики внутри страны и за границей, которые могут быть и в виде покупки ценных бумаг. Реальные инвестиции заключаются во вложении капитала в промышленность, строительство и др. Инвестиционная политика проявляется системой мер, определяющих объём, структуру и направление капитальных вложений, рост основных фондов и их обновление на основе новейших достижений науки и техники. С её помощью обеспечивается выбор приоритетных направлений, осуществляются концентрация капитальных вложений и повышение их эффективности.

С финансовой и экономической позиций инвестирование может быть определено как единовременное вложение экономических ресурсов в материальные активы и информационное обеспечение с целью создания и получения выгоды в течение длительного периода в будущем. Основным смыслом инвестирования – в преобразовании финансовых ресурсов (ликвидности) инвестора – собственных и заёмных средств в производительные активы в виде основного и оборотного капиталов, а также в создании новой ликвидности при прибыльном использовании этих активов.

Образно говоря, *инвестирование* – это особого рода сделка купли-про-

дажи, в которой инвестор одновременно (условно) «покупает» объект в расчёте на получение прибыли. Отсюда нацеленность на коммерческий результат, отдачу вложенного капитала и ресурсов, необходимость проверки или оценки коммерческой состоятельности проекта. К инвестиционным проектам относят проекты, в которых главной целью является создание или реновация основных фондов. Цель инновационных проектов – разработка и применение новых технологий, ноу-хау и других нововведений.

*Инвестиционный строительный проект* есть совокупность организационно-технических мероприятий по реализации инвестиций в объекты капитального строительства в форме предпроектных, проектных, строительных, пусконаладочных работ по вводу объекта в эксплуатацию.

Основные участники инвестиционного процесса – юридические лица: государственные, общественные и социальные образования – организации (предприятия, учреждения, компании, корпорации, фонды и др.) и частные лица (те и другие идентифицируются как заказчики, инвесторы, собственники и арендаторы строительных объектов); проектные, изыскательские, строительные, инжиниринговые и консультационные организации; органы государственного контроля, надзора и экспертизы; организации мест-



Рис. 11.1. Основные виды проектной деятельности по обеспечению строительного объекта

ного самоуправления. Организация работ по инвестиционному проекту предполагает сотрудничество группы: Заказчик (Инвестор), Проектировщик, Подрядчик (Строитель).

Постановление № 87 устанавливает состав разделов проектной документации и требования к их содержанию для капитального строительства объектов производственного (и непроизводственного) назначения (здания, строения, сооружения производственного назначения) и линейных объектов (трубопроводы, дороги, ЛЭП).

*Жизненный цикл проекта* – требования к проекту, определение проекта, концепция; предпроектный анализ; разработка проекта, проектный анализ, торги, контракты, реализация проекта, детальное проектирование, строительство, пуск, наладка; опытная эксплуатация, выход на проектную мощность, завершение проекта, эксплуатация, сопровождение и поддержка, анализ опыта, определение направлений дальнейшего развития. Типичные этапы представлены на рис. 11.1. Постановление № 87 заменило слова «проектная документация» словами «проектная и рабочая документация», что повысило статус рабочей документации и уточнило Постановление Правительства РФ от 01.02.2006 г. № 54 «О государственном строительном надзоре Российской Федерации».

В объём проектных услуг, подразделяемых на базисный и детальный инжиниринг, как правило, входят различные работы. В базисный инжиниринг – подготовка предварительных инженерных исследований и проектов, генерального плана, схем и рекомендаций, предварительная оценка стоимости проекта, расходов по его эксплуатации и созданию. В детальный инжиниринг – подготовка предложений по собственно проекту и его детальное исследование, выполнение рабочих чертежей, технических спецификаций, а также консультации и надзор за проведением указанных работ. Предпроектные услуги включают подготовку к заключению контракта и собственно строительство объекта, в том числе подготовку контрактной документации, организацию торгов, оценку предложений, составление рекомендаций по ним, представление контракта, управление строительством, приёмные испытания по сдаче в эксплуатацию, составление и выдачу сертификата о завершении работ, технического заключения о строительстве, подготовку инженерного и технического персонала, подготовку условий для сбыта продукции. В сферу специальных услуг входят экономические исследования, разработка предложений по утилизации отходов, юридические консультации и процедуры и др. Инжиниринговые услуги по обеспечению хода и управлению производственным процессом относятся к сфере эксплуатации, управления предприятием и реализации его продукции.

Анализ состава (этапов) проектирования и рассмотрение эволюции проектного дела позволяют сделать важный вывод, что в проектном обеспечении можно выделить нечто, отражающее мышление и деятельность человека и имеющее качественные особенности. Это нечто называют по-разному: этап, стадия, цикл, фаза.

В общем случае следует различать:

1) сбор информации, рассмотрение и принятие решения о необходимости строительства (создания) объекта;



2) документальное обеспечение процесса строительства;  
3) оценку реализованного, корректировку, документальное обеспечение функционирования объекта с возможным возвращением к I циклу.

Такой жизненный цикл не дублирует цикл техноэволюции, но расширяет его в части построения, функционирования и развития техноценоза.

Основные этапы проектного обеспечения инвестиций (названные циклами) приведены на рис. 11.2. Подчеркнем, что проектирование есть интеллектуальное обеспечение, интеллектуальный продукт, фиксируемый документально на каждом этапе инвестиционного процесса.



Рис. 11.2. Основные виды проектного обеспечения инвестиций

Существующая организационно-методическая документация и сложившаяся практика проектирования объектов электрического хозяйства (электрики) предполагает ряд этапов, реализующих инвестиционный жизненный цикл и названием отражающих существо каждого документа. Конечно, каждый этап имеет специфику, отражающую специальность. Поэтому рассмотрим общую постановку, а затем конкретизируем выполнение этапа применительно к электроснабжению.

*Первый этап* – определение цели инвестирования, номенклатуры проектируемой к выпуску продукции (услуг), назначения и мощности объекта строительства, места (района) размещения объекта инвестиций. На основе необходимых исследований рынка предполагаемой продукции и (или) услуг, максимально возможной информации об источниках финансирования, условиях и средствах реализации поставленной цели Заказчик с привлечением в необходимых случаях подрядной (проектно-изыскательской, консультационной, инжиниринговой, исследовательской и др.) организации оценивает возможности инвестирования и достижения намечаемых технико-экономических показателей инвестиционно-строительного проекта. При проработке инвестиционных намерений и замыслов в необходимых случаях используют схемы развития и размещения отраслей экономики и отраслей промышленности, развития и размещения производительных

сил по краям, областям, автономным республикам и другим субъектам Российской Федерации. На данном этапе разрабатывается документация инвестиционного замысла (целей инвестирования), на основе которой Заказчик (инвестор) принимает предварительное решение о целесообразности инвестирования и проведении дальнейших работ по данному инвестиционному проекту.

*Второй этап* – разработка Заказчиком с учётом принятых на предыдущем этапе решений Декларации (Ходатайства) о намерениях инвестирования (как правило, с привлечением консультанта на договорной основе). На основании рассмотрения указанных материалов местная администрация предполагаемого района размещения объекта инвестиций принимает решение об одобрении намечаемого строительства или мотивирует отказ в инвестиционном вложении. При положительном решении предлагаются варианты размещения объекта инвестиций, а также выдаются предварительные Технические условия на присоединение объекта к инженерным сетям и коммуникациям и другие требования по размещению объекта.

*Третий этап* – при положительном решении местного органа исполнительной власти (местной администрации) Заказчик разрабатывает Обоснования инвестиций в строительство с участием проектно-изыскательской организации (Проектировщика) на основании полученной информации и результатов предпроектных проработок, требований государственных органов и заинтересованных организаций в объёме, достаточном для принятия Заказчиком решения о целесообразности дальнейшего инвестирования. На данном этапе возможны также разработка бизнес-плана, привлечение необходимых инвесторов, разработка и обоснование методов и схем финансирования инвестиционного проекта, взаимодействие с местным населением и заинтересованными общественными организациями по поводу предполагаемого строительства. В процессе разработок на данном этапе ведутся необходимые инженерные изыскания и оцениваются варианты возможных земельных участков для размещения объекта строительства в целях предварительного согласования с соответствующим органом исполнительной власти места размещения объекта (Акта выбора участка) и получения разрешения на дальнейшие проектные и изыскательские работы. Документация Обоснований инвестиций должна проходить обязательную государственную экспертизу.

*Четвёртый этап* – разработка проектной документации на строительство в составе его технико-экономического обоснования (Проекта, утверждаемой части Рабочего проекта), согласование, экспертиза и утверждение проектной документации, получение на её основе решения об изъятии под строительство земельного участка.

*Пятый этап* – разработка Проектировщиком (или в ряде случаев подрядной строительной организацией) Рабочей документации для строительства.

Основная задача этого этапа – обеспечение:

- процессов строительного производства чертежами, схемами, спецификациями, ведомостями материалов и оборудования, расчётами стоимости и др.;

- комплектующих организаций, предприятий-разработчиков и поставщиков оборудования, изделий и материалов необходимой технической документацией, требующейся для возведения и оснащения строительного объекта в соответствии с принятыми проектными решениями, отраженными в утвержденной на предыдущем этапе проектирования проектной документации;

- процедур конкурсного отбора строительного подрядчика (Строителя), Поставщиков материалов, оборудования – формирование в этих целях соответствующей тендерной документации.

*Шестой этап* – реализация инвестиционного проекта, в ходе которой происходит возведение (строительство, комплектация, монтаж и установка оборудования) объекта в соответствии с утверждённой проектной документацией, требованиями строительных норм, правил и других нормативов. Объект вводится в эксплуатацию, осуществляются пусконаладочные работы, набор и подготовка персонала, вывод на проектную мощность основных фондов предприятия. Проектное обеспечение строительства на данном этапе инвестиций включает авторский надзор при проведении строительных работ. Проектные организации могут также оказывать по инициативе Заказчика на основе договорных соглашений другие необходимые услуги. Например, управление инвестиционным проектом, технический надзор за строительством, надзор за проектированием и проектирование комплектующего оборудования, инженерных систем и установок, участие в сдаче-приёмке объекта, выводе его на проектную мощность.

*Седьмой этап* – выпуск намечаемой продукции и (или) оказание услуг в соответствии с общими целями инвестиционного проекта. В результате производственной и коммерческой деятельности Заказчик получает прибыль и окончательно рассчитывается с другими инвесторами, подрядчиками, поставщиками и кредиторами. Эффективная эксплуатация инвестиционного объекта (предприятия, здания, сооружения) предполагает поддержание в необходимом состоянии его основных фондов, для чего должны быть организованы и надлежащим образом управляться собственником объекта (Заказчиком, Пользователем, Арендатором) службы эксплуатации и обеспечения функционирования объекта. На данном этапе инвестиций по мере материального и морального износа основных фондов собственники объекта и службы эксплуатации должны организовывать необходимое проектно-изыскательское обеспечение (проектное сопровождение) объекта, решая при этом задачи:

- по инженерному обследованию состояния действующего объекта и разработке проектов капитального ремонта;
- по проектированию технического перевооружения, расширению, реконструкции основных фондов предприятия, здания, сооружения;
- по проектированию восстановления предприятия, здания, сооружения в случаях стихийных бедствий, аварий, катастроф и других разрушительных явлений.

*Восьмой, заключительный этап* – ликвидация и утилизация (либо перепрофилирование) данного предприятия, здания, сооружения на выпуск иной продукции и (или) оказание других услуг вследствие такого уровня

основных фондов (материального и [или] морального износа), который не обеспечивает необходимой эффективности инвестиционного проекта. Организация работ в этом случае, как правило, начинается с *первого этапа* инвестиционного цикла.

Может быть принято несколько иное разбиение инвестиционного проекта на этапы. Важно отметить неизменность ключевых положений проектирования техноценозов. Согласно иной интерпретации, цикл разработки и реализации инвестиционного проекта, называемый инвестиционным циклом, состоит из трёх основных *фаз*: предынвестиционной, инвестиционной и производственной, подразделяемых на отдельные стадии. Начало проектирования – предынвестиционной фазы – приобретает всё большее значение. Это объясняет, что именно здесь решается – быть или не быть объекту.

Проектная документация на объекты капитального строительства производственного назначения (согласно Постановлению № 87) состоит из 12 разделов.

Раздел 1 «Пояснительная записка» (обобщающая первые четыре этапа) должен содержать в текстовой части:

- реквизиты документа, на основании которого принято решение о разработке проектной документации;
- исходные данные и условия для подготовки проектной документации, включая задание на проектирование, отчетную документацию по результатам инженерных изысканий; правоустанавливающие документы; градостроительный план земельного участка; технические условия, иные исходно-разрешительные документы;
- сведения о функциональном назначении объекта капитального строительства, состав и характеристику производства, номенклатуру выпускаемой продукции (работ, услуг);
- сведения о потребности в топливе, газе, воде и электрической энергии;
- данные о проектной мощности объекта капитального строительства;
- сведения о сырьевой базе, наличии водных и топливно-энергетических ресурсов;
- сведения о комплексном использовании сырья, вторичных энергоресурсов, отходов производства (для объектов производственного назначения);
- сведения об используемых компьютерных программах;
- технико-экономические показатели проектируемых объектов;
- заверение проектной организации о соответствии заданий техническим регламентам, техническим условиям и согласованиям.

Проектная документация в этой части должна содержать специальный раздел «Сведения об инженерном оборудовании, о сетях инженерно-технического обеспечения, перечень инженерно-технических мероприятий, содержание технологических решений», состоящих из следующих подразделов (при этом следует обратить внимание на кардинальное изменение порядков подразделов):

- а) «Система электроснабжения»;
- б) «Система водоснабжения»;

- в) «Система водоотведения»;
- г) «Отопление, вентиляция, кондиционирование воздуха, тепловые сети»;
- д) «Сети связи»;
- е) «Система газоснабжения»;
- ж) «Технологические решения».

Следует заметить, что на общей схеме последовательности технологических операций принятия проектных решений указанные пункты выполняются параллельно для всех частей проекта: технология основного производства, вспомогательного, отопления, вентиляции и др. С точки зрения электроснабжения это означает, что принятие проектных решений по электроснабжению осуществляется не после принятия проектных решений по всем другим частям проекта, а одновременно, параллельно с ними. Поэтому проектирование электроснабжения предполагает высокий инженерный уровень знаний и достаточный опыт.

Подраздел «Система электроснабжения», согласно Постановлению № 87, должен содержать в текстовой части:

- а) характеристику источников электроснабжения в соответствии с техническими условиями на подключение объекта капитального строительства к сетям электроснабжения общего пользования;
- б) обоснования принятой схемы электроснабжения;
- в) сведения о количестве электроприемников, их установленной и расчетной мощности;
- г) требования к надежности электроснабжения и качеству электроэнергии;
- д) описание решений по обеспечению электроэнергией электроприемников в соответствии с установленной квалификацией в рабочем и аварийном режимах;
- е) описание проектных решений по компенсации реактивной мощности, релейной защите, управлению, автоматизации, диспетчеризации системы электроснабжения;
- ж) перечень мероприятий по экономии электроэнергии;
- з) сведения о мощности сетевых и трансформаторных объектов;
- и) решения по организации масляного и ремонтного хозяйства (для объектов производственного назначения);
- к) перечень мероприятий по заземлению (занулению) и молниезащите;
- л) сведения о типе, классе проводов и осветительной арматуры, которые подлежат применению при строительстве объекта капитального строительства;
- м) описание системы рабочего и аварийного освещения;
- н) описание дополнительных и резервных источников электроэнергии;
- о) перечень мероприятий по резервированию электроэнергии;
- п) принципиальные схемы электроснабжения электроприемников от основного, дополнительного и резервного источников электроснабжения;
- р) принципиальную схему сети освещения, в том числе промышленной площадки и транспортных коммуникаций (для объектов производственного назначения);
- с) принципиальную схему сети освещения (для объектов непроизводственного назначения);

- г) принципиальную схему сети аварийного освещения;
- у схемы заземлений (занулений) и молниезащиты;
- ф) план сетей электроснабжения.

Итак, состав электрической части проектной документации (ранее – технико-экономическое обоснование, проектное задание, технический проект, Проект) в общем случае должен содержать: исходные данные (основные технико-экономические показатели за последние три года для реконструируемых предприятий); номенклатуру и объем производства продукции (что необходимо для расчета нагрузок комплексным методом); обоснование источников энергии с учетом топливно-энергетического баланса района; расчет численности работающих (электриков); основные требования к оборудованию, составу энергохозяйства, структуре управления; выбор подстанционных площадок и трасс строительства ЛЭП; объемы основных строительно-монтажных работ и расчетную стоимость строительства; основные технико-экономические показатели, удельные расходы энергетических ресурсов; приложения, схемы и планы, сводные расчеты.

Таким образом, вначале решают не только вопросы, относящиеся собственно к электроснабжению промышленного предприятия (выбор числа, мощность ГПП, кабельные и воздушные трассы, основные технико-экономические показатели, удельные расходы энергетических ресурсов и др.), но и вопросы обеспечения предприятия энергией, обоснование выбора источников электрической энергии.

Покажем ниже соответствие уровней электроснабжения и рассматриваемых этапов проектирования, связанных с определением электрических нагрузок (табл. 11.1).

Последовательность технологических операций содержит следующие основные пункты, организация выполнения которых и составляет основу электрического проектного менеджмента:

- 1) составление задания на проектирование – заказчик и главный инженер проекта (ГИП);
- 2) организационно-технологическая подготовка проектирования – ГИП и служба технической подготовки проектирования;
- 3) формирование информационной базы для принятия проектных решений – специалисты по проектированию электроснабжения (СПЭС);
- 4) принятие основных проектных решений – СПЭС;
- 5) формирование проектной документации – СПЭС;
- 6) экспертиза (сторонняя);
- 7) подготовка исходных данных и составление заданий на разработку рабочей документации – СПЭС;
- 8) принятие технических решений для разработки рабочей документации – СПЭС;
- 9) формирование рабочей документации.

Следует ещё раз отметить, что общая последовательность работ по объекту определяется технологами, которые составляют сетевой график с учётом включения проектной строительной части. График показывает: кто, когда, какие и кому выдаёт первичные задания (после получения технологического задания) на проектирование разделов и подразделов



(по Постановлению № 87); сроки выполнения отдельных глав (частей, томов); порядок и сроки согласования промежуточных и окончательных строительных чертежей и согласований между собой исполнителей подразделов.

Таблица 11.1

Соответствие уровней электроснабжения и этапов проектирования

Этапы инвестиционного процесса	ЭП 1УР	РП до 1 кВ 2УР	РУ ТП цеха 3УР	РУ 6(10) кВ 4УР	РУ ГПП-ПГВ 5УР	Граница раздела с ЭС 6УР
1. Перспективы плана развития региона (отрасли)	0	0	0	0	0	1
2. Техничко-экономические расчеты	0	0	0	0	1	1
3. Технический проект электроснабжения (схемы по уровням)	0	0	1	1	1	1
4. Рабочий проект (рабочие чертежи)	1	1	1	1	1	0
1. Определение места размещения объекта	0	0	0	0	0	1
2. ТУ на присоединение объекта к инженерным сетям	0	0	0	0	1	1
3. Обоснование величины инвестиций	0	0	0	0	1	1
4. Разработка проектной документации в составе ТЭО, Проекта, технического проекта, рабочего проекта (рабочие чертежи)	0	0	1	1	1	0
5. Выполнение рабочей документации	1	1	1	1	1	0

Примечание: 1 – требуется знание величины нагрузки для принятия проектного решения; 0 – проектное решение *не* применяется применительно к разработке электроснабжения.

Аналогичная структура этапов характерна и для проектирования коммунальных городских объектов и промышленных объектов, находящихся в черте города. В зависимости от объёма и сложности объекта предусматриваются разные стадии. В свою очередь, предпроектная и проектная документация делится на два вида: Градостроительная документация (ГСД) и Архитектурно-строительная документация (АСД). Для наиболее сложных объектов полный перечень стадий приведён ниже:

Стадии	Документация	
Предпроектные	Градостроительная документация	Архитектурно-строительная документация
	Градостроительная концепция	Архитектурная концепция
	Проект детальной планировки района	
Проектные	Эскизный проект застройки	Эскизный проект
	Проект застройки	ТЭО
	Рабочий проект застройки	Рабочий проект
	Рабочая документация	Рабочая документация

В составе градостроительной концепции и архитектурной концепции есть пояснительная записка, которая обязательно должна включать показатели для инженерного (и транспортного) обеспечения объекта, т. е. определение параметров электропотребления требуется на самых ранних стадиях.

Таким образом, с появлением предпроектных стадий при проектировании промышленных предприятий и городских объектов возникают проблемы определения параметров электропотребления (расчётных нагрузок). Применить в этих условиях существующие методы расчёта нагрузок не получается: списка приёмников, исчерпывающего набора цехов, отделений, участков ещё не существует. При этом определение расчётной мощности и электропотребления для принятия проектных решений производится многократно, причём определяющие решения принимаются на ранних этапах, а количество исходной информации на этих этапах минимально и явно недостаточно для использования.

Применение методики и аналитических методов возможно только на стадии разработки рабочей документации, когда известен конкретный состав электроприёмников, т. е. для принятия проектных решений на 1УР, 2УР и уточнения решения по 3УР. Фактически к этому моменту времени проектные решения, начиная с 3УР и выше, уже приняты. На этапе технического проекта (Проекта) проектные решения, начиная с 3УР и выше, приходится принимать, не имея точной информации о перечне электроприёмников, доступно только описание технологического процесса с известной организационной структурой производства (цеха, отделения, участки, и др.). На более ранних стадиях для принятия решения по 6УР–4УР информации ещё меньше – только укрупнённое описание технологического процесса, объёмы выпуска продукции.

Таким образом, на ранних стадиях проектирования осуществляется принятие наиболее ответственных решений, которые определяют объём проектирования и стоимость электрической части проектируемого объекта, решают вопрос о целесообразности сооружения объекта. Определение параметров электропотребления, необходимых для принятия проектных решений, становится неформализуемой процедурой, часто принимаемой на интуитивном уровне.

В связи с вхождением России в мировую экономику стала актуальной задача принятия промышленностью стандартов, соответствующих общепринятым в индустриально развитых странах.

Стандарты – зарегистрированные соглашения, содержащие технические спецификации или другие точные критерии, которые нужно использовать как правила, руководящие принципы, чтобы гарантировать, что материалы, изделия, процессы и услуги пригодны для использования. Стандартизация по своей сути – это экономическое соглашение, которое делает возможным международный обмен товарами и услугами, облегчает международное использование научных, технологических и материальных продуктов.

Международная организация по стандартизации (International Organization for Standardization – ISO) имеет дело с полным спектром че-

ловеческой деятельности, а своей целью имеет выработку международных эталонов для добровольного принятия и использования всеми членами организации, чтобы сделать международную торговлю настолько эффективной, насколько это возможно.

Международная стандартизация началась в электротехнической области деятельности человека: Международная электротехническая комиссия (International Electrotechnical Commission – IEC) была создана в 1906 году.

Для стандартизации в других областях деятельности в 1926 году была создана Международная федерация национальных ассоциаций стандартизации (International Federation of the National Standardizing Associations – ISA). Действия ISA прекратились в 1942 году вследствие Второй мировой войны. После встречи в Лондоне в 1946 году делегаты от 25 стран решили создавать новую международную организацию, «цель которой будет состоять в том, чтобы облегчить международную координацию и объединение индустриальных стандартов».

Новая организация ISO начала функционировать официально с 23 февраля 1947 года (отметим, что официальными языками организации являются английский, французский и русский). Членство в ISO предусматривает эффективное продвижение общепринятых стандартов в своих странах через формальное национальное их принятие.

В настоящее время международным стандартом качества является серия стандартов ISO 9001–2000, которая поддерживается приблизительно в 120 странах мира. Эти стандарты определяют в том числе организацию и технологию проектирования. Следует заметить, что проектные организации сейчас находятся (и будут находиться в дальнейшем) в условиях жёсткой конкуренции и внутри страны и тем более – на международном рынке проектных услуг.

### *Контрольные вопросы*

1. Что такое инвестиции и инвестиционное проектирование?
2. Классифицируйте предпроектные работы и поясните их возрастающую роль в глобализирующемся мире.
3. Опишите поэтапные особенности получения технических условий на технологическое проектирование объекта.
4. Назовите состав технико-экономического обоснования и свяжите его с необходимыми согласованиями.
5. Какие исходные данные и от кого необходимо получить при выполнении рабочих чертежей?
6. Перечислите исходные данные, необходимые для построения схемы электроснабжения на 6УР и 5УР.
7. Назовите и прокомментируйте последовательность выполнения проекта электротехнической части.

## Лекция 12. Узловые точки научно-технического прогресса

Тенденцию развития, характеризующуюся переходом от низшего к высшему, от менее совершенного состояния к более совершенному, называют прогрессом. Так что создание атомного оружия вместо авиабомб и появление сигарет взамен папирос «Беломорканал» вполне подпадают под это определение. Прогресс – поступательное эволюционное движение, в процессе которого возникают изменения (улучшения?), сохраняемые отбором. Идея прогресса, рассматриваемая вначале в естественнонаучном понимании (Ф. Бэкон, Р. Декарт), распространилась на общество, социальные отношения, став, по К. Марксу, критерием развития производительных сил.

Технический прогресс заключается в замене усилий и деятельности человека работой технических систем и в создании технетической среды – ценноза, обеспечивающего материальные потребности индивида (и *Homo Sapiens* как вида). Научно-технический прогресс определяют как взаимосвязанное поступательное развитие науки и техники, как непрерывный процесс разработки, накопления, реализации и использования новых знаний и новшеств, которые повысят социально-экономическую эффективность хозяйствования, удовлетворят новые потребности общества, поддержат состояние среды обитания на приемлемом уровне.

В середине XX века коренные изменения существа составляющих технетики, производственной деятельности людей, экономических отношений (включая денежные), расслоение уровня доходов и уклада жизни населения заставили говорить о научно-технической революции. Это и отразило переход от индустриального к постиндустриальному обществу.

При изучении научно-технического прогресса как явления появились основания для различных классификаций и терминологий. Научной основой индустриального общества (термин введён А. Сен-Симоном) послужило мировоззрение (законы) Галилея–Ньютона–Максвелла, медленно распространявшееся, но знаменовавшее общность и завершённость механической картины мира. Вернадский констатировал: «Законы Ньютона ..., впервые им опубликованные в 1688 г., медленно и с трудом проникали в научное сознание. Они находились по существу в прямом противоречии со всеми философскими системами... В 1734 г. Вольтер начал победоносную борьбу за них во Франции».

Индустриальное общество при своём возникновении имело конкретные технологические показатели (выпуск угля, стали, цемента, нефти). Для быстрого их наращивания и развития тяжёлой промышленности (машиностроения) требовалась централизация сил и средств. Основные компоненты такого общества – национальная система экономики со свободной торговлей и общим рынком, машинное производство и фабричная организация труда. Зарождение материальной основы индустриализации относят к концу XIX века (1886 г. – доклад Г. Тауна «Инженер как экономист»), когда заводы и фабрики создавали, опираясь на машинный парк.

Для понимания законов техноэволюции принципиальны одновремен-

ное документальное оформление конструкторской деятельности и формализация физических законов первой научной картины мира. Было достигнуто, подчеркнём, конвенционное соглашение о единицах измерения: механиками (1874 г.) – абсолютная система единиц CGS (сантиметр, грамм, секунда), электриками (1881 г.) – ампер, вольт, Ом. Ныне без международной системы единиц SI (русская транскрипция – СИ) невозможно функционирование общества. Для инженерной деятельности (и для любой иной) обязательно применение ГОСТ 8.417–2002 «Единицы величин» (введён с 01.09.2003 г.).

Инженеру-электрику, потребность в котором как в специалисте возникла в конце XIX века, стало необходимым знание и использование на практике теоретических основ электротехники, законов классической физики. Так, начиная с XIX и до конца XX века расчётную электрическую нагрузку  $P_p$  определяли, опираясь на термодинамику и ТОЭ. Принимались модели проводника, которые соответствовали основным эффектам его нагрева. В частности, за эквивалент переменной электрической нагрузки принимали расчётную нагрузку  $I_{p1}$  (максимум температуры нагрева). Тогда для единичного приёмника тепловая модель проводника представима двумя типами уравнений:

$$T \frac{\partial \vartheta}{\partial t} + \vartheta = \frac{3R_0}{A_0} I^2(t), \quad (12.1)$$

$$T \frac{\partial z_0}{\partial t} + z_0 = I^2(t), \quad (12.2)$$

где  $R_0$  – активное сопротивление жилы проводника при температуре 20 °С, Ом;  $I(t)$  – ток нагрузки, А;  $\vartheta$  – температура перегрева проводника, Дж/°С;  $A_0$  – коэффициент теплоотдачи, Вт/°С;  $T$  – постоянная времени нагрева проводника;  $z_0$  – величина, пропорциональная температуре перегрева проводника.

Введя для электрических машин понятие «класс изоляции», установили предельно допустимые превышения температуры частей электрической машины при температуре газообразной охлаждающей среды +40 °С и высоте над уровнем моря не более 1000 м.

Индустриализация поставила и решила задачу массового выпуска разнообразнейших изделий, а классическая наука это теоретически обеспечила, определив первую узловую точку научно-технического прогресса (рис. 12.1). Сущность её заключается в разработке документа на вид изделия и в последующем изготовлении конкретной особи-штуки, т. е. в выпуске любого количества конечной продукции (продукта). Подразумевается, что одновременно даны ответы на вопросы: какая для изготовления будет использована техника (которая прежде сама была продукцией изготовителя), по какой технологии, из какого материала, какие приняты экологические ограничения.

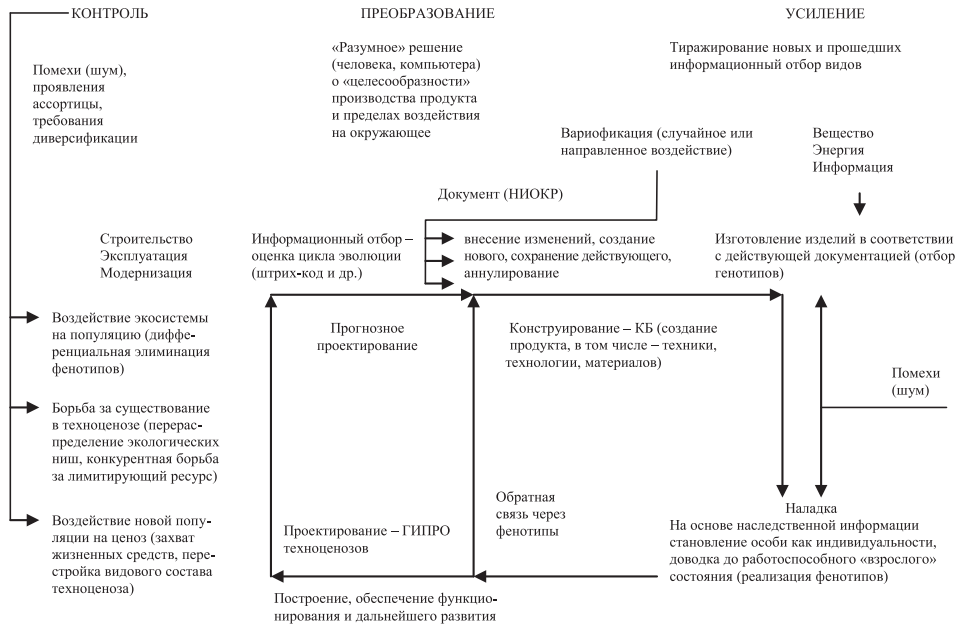


Рис. 12.1. Схема техноэволюции:

I. ПОЛНАЯ: документ – отбор генотипов – реализация фенотипов – построение техноценоза – воздействие популяции – борьба за существование – воздействие экосистемы – информационный отбор – закрепление информации;

II. УСКОРЕННАЯ: документ – отбор генотипов – реализация фенотипов – обратная связь на документ;

III. ВИРТУАЛЬНАЯ: озарение – машинная реализация продукта (в частности, устройства, процесса, материала) или экологической опасности – моделирование жизнедеятельности в машинном мире – модельная оценка свойств и параметров продукта.

Назовём *конструированием* этап создания документации на изделие (в том числе и на создание единицы техники в целом). Состав и объём конструкторской документации оговорены системой стандартов ЕСКД. При конструировании устанавливают следующие виды изделий: детали, сборочные единицы, комплексы, комплекты. Конструкторские документы подразделяют на чертежи деталей, схемы, спецификации, ведомости (спецификаций, сложных документов, покупных изделий, держателей подлинников, технического предложения, эскизного проекта, технического проекта), пояснительную записку, технические условия, программу и методику испытаний, таблицы, расчёт, эксплуатационные, ремонтные документы, патентный формуляр, карту технического уровня и качества изделия, инструкции.

Начало создания индустриального общества в нашей стране связано с индустриализацией 1929–1940 годов, которая заключалась в создании



крупного машинного производства (тяжёлого машиностроения), опиравшегося на металлургию и электрификацию (план ГОЭЛРО, 1920 г.). Встал вопрос о создании собственного станочного парка (знаменитый токарный станок ДИП-200 – «догнать и перегнать»), среднего машиностроения (оборонки), горнорудного, сельскохозяйственного и других специфичных подотраслей.

В качестве примера единицы техники на рис. 12.2 приведён отечественный автоматизированный комплекс на базе кривошипных прессов и ножниц с числовым программным управлением (мод. АККБ 3534А-1) номинальным усилием 25 000 кН для обработки (резки) листа размером заготовки до  $l \times b \times h = 1300 \times 750 \times 6$  мм с точностью позиционирования  $\pm 0,5$  мм; суммарная мощность электродвигателей 41,7 кВт; габариты  $5450 \times 4600 \times 5855$  мм (над уровнем пола); масса 53,7 т.

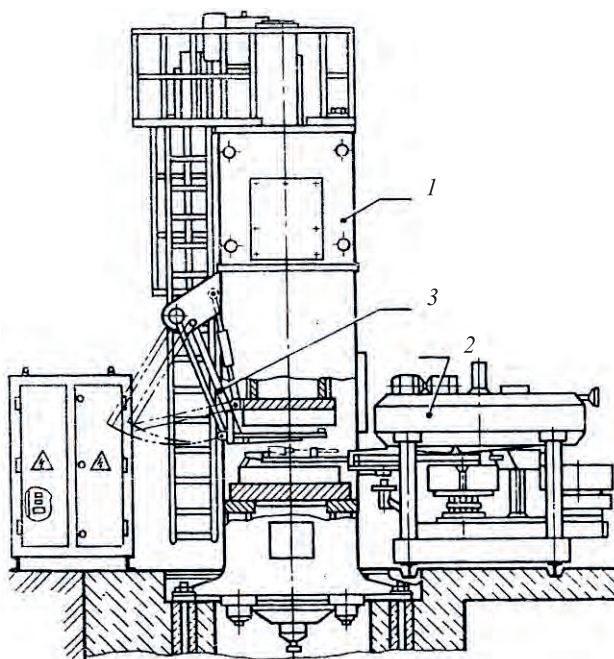


Рис. 12.2. Пример автоматизированного комплекса на базе кривошипных прессов и ножниц с ЧПУ для резки листов

Особо сложная единица техники, как например турбогенератор, может состоять из  $10^6$  деталей (элементарных изделий), на каждую из которых (!) разрабатывается чертёж, подобно рис. 12.3 (повторно применяемая документация и простейшие изделия не меняют постановку вопроса), и её изготавливают по технологии, конкретизированной по операциям.

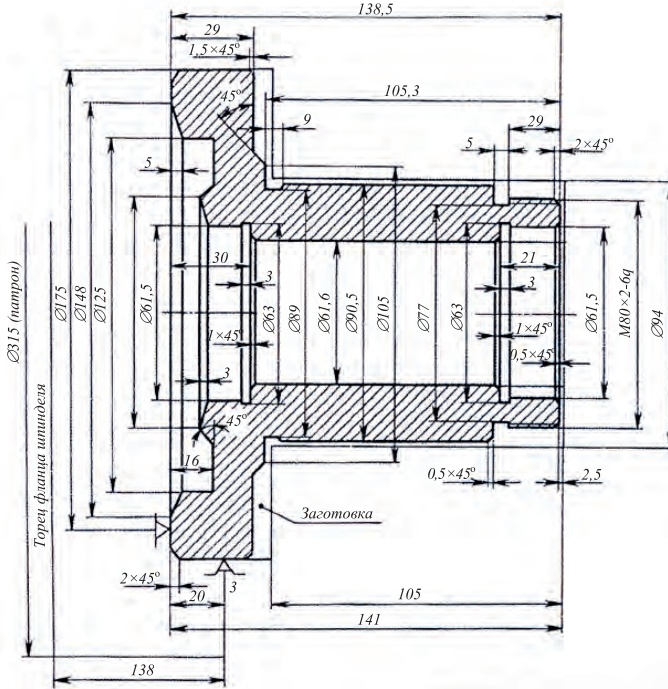
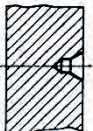





Рис. 12.3. Типовая обрабатываемая деталь


На рис. 12.4, *а* показаны простейшие режущие инструменты, применяемые при обработке элементарных деталей на токарных станках с числовым программным управлением. Заметим, что для каждого элемента обработки свой инструмент – другой его вид (до 60 для данного вида работ). На рис. 12.4, *б* – два вида, хотя есть большее количество (может измеряться десятками) не требующих отдельного чертежа подвидов, определяемых диаметром отверстия (зенкерование – операция обработки резанием входной части отверстия).

Процесс преобразования документальной (наследственной) информации в фенотипическую (готовое изделие) отражает, во-первых, появление и проявление индивидуальности изделий (в частности, присвоение имён-номеров). Явления, хорошо наблюдаемые для изделий, начинаются с определённой сложности, – «характер» машины, индивидуальность в работе и др. Во-вторых, всегда готовое изделие отличается от предусмотренного документом (и чем оно сложнее – тем в большей степени). Это явление, хорошо известное проектировщикам и наладчикам, теоретически означает, что вступила в свои права вторая научная картина мира. Осуществляются доработка, обкатка, испытания, и лишь затем изделия попадают в экосистему, в конкретный техноценоз (цех, город). Это замечено ещё Марксом: «Какой бы совершенной конструкции машина ни вступила в процесс производства, при её употреблении на практике обнаружатся недостатки, которые приходится исправлять дополнительным трудом». Указанное – неизбеж-

ный результат вероятно-статистического разброса показателей вокруг математического ожидания признака, предусмотренного документом, и помех со стороны.

Элемент обработки		
Режущий инструмент		
	Сверло центровочное ГОСТ 14952-75	Сверло спиральное ГОСТ 10903-77

<p>Сверло</p> <p>Конус Морзе</p> 		
Тип сверла	$d_3, \text{мм}$	Конус Морзе
ГОСТ 10903-77	14.5...23	1
	23.25...31.5	2
	5...14	3
	14.5...23	2
	23.25...31.5	3
	31.75...50	4


<p>Зенкер</p> <p>Конус Морзе</p> 		
Тип зенкера	$d_3, \text{мм}$	Конус Морзе
ГОСТ 12489-71	16...22	2
	24...30	3
	10...15	1
	16...22	2
	24...30	3
	32...40	4

Рис. 12.4. Фрагменты «Атласа режущих инструментов для обработки типовых элементарных поверхностей деталей на токарных станках с ЧПУ средних типоразмеров» (М.: Машиностроение, 1989): а – элемент обработки и режущий инструмент; б – сверло и зенкер

Необходимость доведения до «взрослого» состояния (см. рис. 12.1) проиллюстрируем наличием в полностью собранной электрической машине остаточной неуравновешенности как составляющей общей вибрации, хотя конструкция, рассчитанная по Ньютону–Максвеллу, в предположении о точном соблюдении номинальных размеров и однородности материала принципиально должна обеспечить отсутствие неуравновешенности при вращении ротора, закреплённого в подшипниках А и В, расстояние между центрами которых  $l$  (рис. 12.5).

Для опытно-промышленных (головных) образцов крупных и уникальных машин, а также комплектов машин окончательная отработка, наладка, испытания и приёмка состоят из следующих этапов: монтаж оборудования на месте его эксплуатации; испытание и сдача образца в эксплуатацию; отработка по результатам испытаний технологической документации для организации производства.

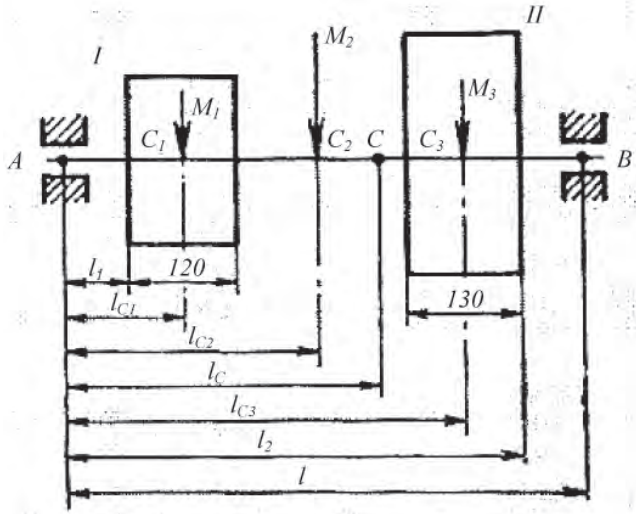


Рис. 12.5. Расчетная схема для определения центра тяжести ротора

Наряду с технологией, обеспечивающей *изготовление* изделия, необходима технология *получения* материала (продукта). Здесь техника как бы отходит на второй план. Предлагаются технологические схемы (рис. 12.6 и 12.7) с описанием процесса по этапам. В этом случае НИОКР на технологию и НИОКР на материалы имеют отличие от НИОКР на конструирование изделия (техники).

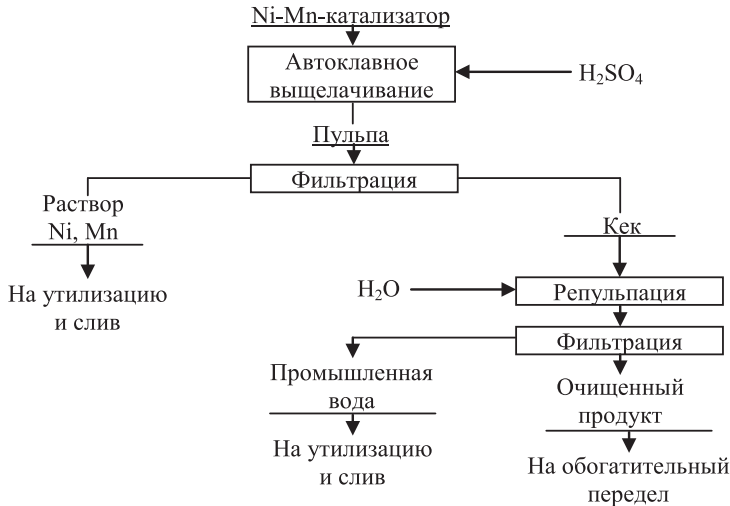


Рис. 12.6. Схема операций при катализе и очистке вод

НИОКР на создание новой технологии (см. рис. 12.6) предполагает: научно-исследовательские работы, подготовку исходных данных на создание нового технологического процесса и выдачу исходных требований (тех-

нологический регламент и др.) на проектирование опытных технологий; разработку и проверку технологического процесса в условиях опытного производства; выдачу исходных требований (технологический регламент, технические данные на создание оборудования – техники) на проектирование опытно-промышленного производства; разработку проектной документации опытно-промышленного производства.

НИОКР на разработку нового материала предполагает: научно-исследовательские работы, выдачу заявки на разработку и освоение нового материала, исходных требований (технологический регламент) на изготовление материалов; изготовление нового материала в условиях опытного производства, выдачу исходных требований (технологические данные на создание оборудования) для производства нового материала (см. рис. 12.7).

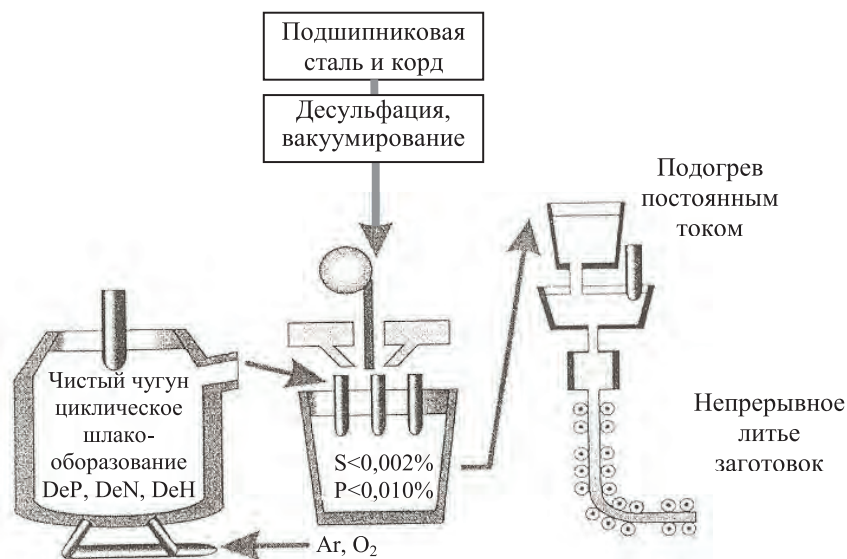


Рис. 12.7. Схема последовательности при непрерывном литье заготовок

Таким образом, первый этап техноэволюции (НИОКР, изготовление изделия и его доводка) документально опирается на конструкторско-технологическую деятельность – конструирование, которое и обеспечивает первую узловую точку научно-технического прогресса. Ключевая роль в материализации новейших достижений науки и техники отведена машиностроению во всех его видах, которое призвано выпускать системы и комплексы машин, оборудования и приборов.

Когда в 70-е – 80-е годы стала происходить трансформация индустриализации, положение изменилось и на первое место вышла технология (что не сводится только к нанотехнологии). Д. Белл (1973 г.) ввёл термин *постиндустриальное общество*, основным ресурсом которого является информация. Стало возможным говорить об информационном обществе (Ф. Махлуп, 1962 г.). Рассматривая основные принципы композиции грядущего, Е. Масуда (1983 г.) синонимировал понятия постиндустриального и



информационного общества, сделав ставший очевидным вывод, что основой нового общества станет компьютерная технология, ведущей отраслью экономики – интеллектуальное производство. Во второй половине 90-х М. Кастельс постулировал наступление «сетевого общества». Беем Д. Белл в «Эпохе разобщённости» (2007 г.) показал, что 300-летний путь направления мира ко всё большей унификации и универсализации сегодня завершён.

Постиндустриальное общество предполагает феномен знания как основу новой технологической структуры, переориентацию экономики от товаропроизводства к сервису, изменение организации технологий в результате превращения их в интеллектуальные технологии и прогностическое планирование, дифференциацию профессий и конфликты профессионализма и некомпетентности, компьютеризацию и сетевое интернет-общение. Утверждают, что 80 % всего прогресса технологии в ближайшие годы будет связано с развитием компьютерных, информационных технологий.

Обратимся ко второй узловой точке научно-технического прогресса – к документальному обеспечению построения, эксплуатации, развития, ликвидации технического ценоза. В своём развитии индустриализация решила задачи, во-первых, количественного расширения возможностей и увеличения разнообразия изготавливаемой техники (заменяя ею физические возможности животных, включая человека); во-вторых, создания фабрик, заводов, комбинатов как множества машин, устройств, агрегатов (повязанных инфраструктурой), которые функционируют, казалось, по единому плану.

И если первая задача решилась конструкторской деятельностью, входящей к Архимеду и Леонардо да Винчи, то вторая потребовала нового вида деятельности – проектирования (см. рис. 12.1). Для нашей страны это ознаменовалось созданием в феврале 1926 года Государственного института по проектированию металлических заводов (под такое определение подпадали Магнитогорский и Кузнецкий металлургические заводы, Ростсельмаш, Сталинградский тракторный, Тагильский вагонный, Бобрицкий (ныне – Новомосковский) химический заводы, Уралмаш и др.).

Стадии принятия проектного решения – их количество и содержание – за 80 лет менялись много раз. Но всегда присутствовали три обязательных стадии (части, раздела и др.) единого целого, заключающиеся в необходимости построения (сооружения, создания, строительства) объекта и оценки последствий его функционирования (эксплуатации) и развития (включая ликвидацию). Так мы приходим к вопросам:

1. Зачем, где и что надо бы построить (сделать)?
2. Какие ресурсы нужны (во что это обойдётся) и какая будет отдача (эффективность)?
3. Где, как и какие уложат кирпичи, установят станки и повесят лампочки?

Говоря о документальных решениях (а других, и это принципиально, сегодня и быть не может), следует максимально чётко различать, из трёх вопросов собственно материальной составляющей проектируемого объекта требуется решить. Сейчас проектно-сметная документация предполагает



обязательное проведение тендера, конкурсность при выборе подрядчика, в определении цены на контракт. Долгосрочные контракты предполагают, что риски на себя берёт тот, кто взялся за строительство объекта.

Принятие документального инвестиционного решения в условиях перехода к постиндустриальному (информационному) обществу предполагает понимание лицом, принимающим решение, в том числе и проектировщиком, двух основополагающих положений: на какие представления (точнее – постулаты) следует опираться и какие из них могут быть использованы как данные для выделения и описания объекта; какова стадия принятия решения. Очевидно, что опытный менеджер и проектировщик не рассуждает о том, какая научная картина мира применена (применима) к рассматриваемому случаю. Он интуитивно опирается на свои знания, для него очевидны выделение объекта и стадия принятия решения, этапы проектирования.

Само проектирование как создание документального прообраза предполагаемого к строительству и эксплуатации завода (или его части, выделяемой по уровням иерархии – агрегат, участок, отделение, производство, цех; или по специализации – технологическая, электрическая, строительная) понимается различно:

1) документально оформляемые замысел, соображения, основные очертания, контуры прообраза завода и отрасли в целом;

2) предварительные варианты – документы как на замысел (с документальным сопровождением в виде разрешений и согласований), так и на последующую документацию, по которой технико-экономически обосновываются создание, построение завода или его части (в идеальном виде таким документом было проектное задание);

3) совокупность документов (пояснительных записок, заданий, расчётов, согласований, рабочих и иных чертежей, спецификаций и смет), по которым осуществляется строительство завода, отдельного здания или сооружения. Сюда, очевидно, входит документация на разработку единицы оборудования (техники), единичной технологии, создание конкретного материала, получение единичного продукта или их системы (это иная – конструкторская, НИОКР-документация, даже если речь идёт о технике, технологии, материале) и, наконец, документация, связанная с экологическими ограничениями.

Для России актуален переход от традиционной схемы управления крупными инвестиционными проектами к ЕРС/ЕРСМ-схеме, который в Западной Европе и США состоялся более 20 лет назад. ЕРС/ЕРСМ (от англ. engineering, procurement, construction, management – проектирование, поставка, строительство, управление) – это комплексный подход к реализации крупных инвестиционных проектов, при котором подрядчик выполняет проект «под ключ» от стадии проектирования до ввода в эксплуатацию и гарантийного обслуживания. При этом подрядчик берёт на себя все закупки и поставки необходимого оборудования, стройматериалов, а также риски, связанные с удорожанием проекта и сдвигом сроков его завершения. Заключение ЕРС/ЕРСМ-контрактов позволяет компаниям-инвесторам (заказчикам строительства) не отвлекать собственные управленческие ресурсы на непрофильный бизнес (строительство), сосредотачиваясь на основной деятельности (например, на производстве электроэнергии).

В результате функционирования предприятия происходит коллективная *оценка* изделия (техники, технологии, материала, продукции, отхода) как вида, оценка проектных решений, отражающая процесс объективации вектора научно-технического прогресса. Действует своеобразный контроль, на основании которого происходит информационный отбор: создаётся мнение о работоспособности изделия, о необходимости снятия его с производства и др. Это мнение материализуется (закрепляется) в документе (рис. 12.1), что, собственно, и выделяет третью узловую точку научно-технического прогресса – оценку цикла и принятие технического (и экономического, и социального, и др.) решения на перспективу. Документ или сохраняют (тогда изделия продолжают выпускать, и прежние технические решения сохраняются), или в него вносят изменения (индексация документации), или аннулируют (выпуск изделий прекращается), или выносятся решение о проведении новых исследований и создании нового документа (НИОКР). Время течёт, даже если за один цикл не произошло изменений в выпуске изделия. Поэтому каждый цикл квазистационарен.

Множество всех циклов, включающих все устанавливаемые изделия, должно (но не может) быть взаимоувязано. Базовые воззрения Маркса об экономике, включая равную оплату за отработанный человеко-час, оказались утопическими. Поэтому безуспешно советская экономика планировала производство многообразия 25–30 млн потребительских стоимостей (видов). В апреле–июне года, предшествующего планируемому, Госплан требовал от предприятий, каждому из которых ещё не был определён план производства, заказ на все виды материалов и энергоресурсов на будущий год. Наблюдался чудовищный перекос: сверхнормативные запасы одного и громадный дефицит другого. Уступая США в 1,4 раза по производству зерна, мы превосходили их в 6,4 раза по тракторам, в 16 раз – по комбайнам. Кожаной обуви в 1988 году произведено было 820 млн пар (в Англии – 118 млн, ФРГ – 80 млн, США – 220 млн, Японии – 95 млн).

Информационный отбор хорошо согласуется лишь рыночными механизмами, свободой выбора потребителем того или иного продукта, конкуренцией за ресурс, характеризующей параметрами *H*-распределения. Экономическое и социальное развитие страны (предприятия), глобализация мирового хозяйства укрепляют взаимосвязи и делают обязательной организацию научного прогнозирования, включающего прогнозирование на различные временные интервалы, перспективное и текущее планирование. Возрастает значение начальных предпроектных стадий (определение целей инвестирования, разработка Декларации о намерениях инвестирования, обоснование инвестиций) по каждому предприятию (производству, цеху).

Покажем особенности электрической части проектной документации для завода (6УР), производства (5УР), цеха (4УР), отделения (3УР), участка (2УР), возвратившись к рис. 12.2 и выражениям (12.1) и (12.2). Решения по электроснабжению на 6УР и 5УР, принимаемые на предпроектных стадиях, не связаны с рабочими чертежами и служат для них некоторым общим заданием (главным образом – по мощности трансформаторов). Рабочую документацию по ГПП (отдельно стоящему РП 6–10 кВ 4УР) выполняют, как для отдельного объекта, и проектируют как субъект электроэнергетики.

Рабочий чертёж всегда связан с электроприёмником. Им может быть выделяемый явно электродвигатель (электропривод), например, рольганга, конвейера, вентилятора, насоса или электропечи, сварочного трансформатора. Но чаще электроприёмник становится «нечётким» (ценологическим) понятием, так как задаётся станок (см. рис. 12.2), где количество электродвигателей и других электроприёмников неизвестно. Для таких установок, агрегатов, комплексов в комплект поставки входит шкаф управления, питание которого по заданной паспортной мощности и есть электроснабженческое решение.

Что касается (12.1) и (12.2), то при выполнении НИОКР собственно станка эти выражения не используют, так как электрооборудование и сети встраиваются уже сертифицированными (соответствующими ТУ и ГОСТ). Не применимы они и при расчёте электрических нагрузок, и при прокладке сети, для которых решения определены ПУЭ; но НИОКР используются при разработке конструкции единицы (вида) электрооборудования.

Так мы подходим к необходимости двойной оценки (касающейся в данном случае станка как готовой продукции). Во-первых, хорош ли продукт сам по себе? Описав в 1976 году закон информационного отбора, я указал на необходимость формализации оценки (мнения) «хорошо–плохо». И эта идея, независимо от меня, была реализована введением штрих-кода, который со скоростью света позволяет известить изготовителя, что товар (продукция) «пошёл». Штрих-код – это последовательность чёрных и белых полос, представляющая некоторую информацию в виде, удобном для считывания техническими средствами. Существует несколько способов кодирования. Часто встречаются линейные (обычные) штрих-коды, читаемые в одном направлении (по горизонтали). Наиболее распространённые линейные символы: EAN (EAN-13 использует 13 цифр). Линейные символы позволяют кодировать небольшой объём информации (до 20–30 символов, обычно – цифр). Присвоением штрих-кодов занимается международная некоммерческая и неправительственная организация – Ассоциация EAN. Созданная в 1977 году Ассоциация автоматической идентификации ЮНИСКАН/GSI Russia является единственной организацией товарной нумерации на территории Российской Федерации. Присвоение номеров GSI для членов Ассоциации осуществляется бесплатно. Первым товаром со штрих-кодом была жевательная резинка Wrigley's.

Вторая оценка (необходимость которой определяется законом информационного отбора) – оценка проектного решения и его реализации – осуществляется труднее. Может быть, сам станок хорош, но неудачно установлен; не может быть загружен, не вписывается в общую технологию, например, по материалу, продукции; неудачны крановые и транспортные решения; обнаруживаются несоответствия по окружающей среде и др. Так что возможна оценка как части проекта, так и отдельного решения (включая выбор и размещение КТП и шкафов 2УР, выполнение электрических сетей). Наконец, существует и оценка в целом проекта участка, отделения, цеха, производства, завода.

Так, для оценки существенной разницы конвертерных цехов Новолипецкого и Западно-Сибирского металлургических комбинатов равной

производительности по стали, одинаковых основных технологических агрегатов, построенных в одно время, была создана отраслевая комиссия, потребовавшая объяснения отличий. Комиссия, не знавшая постнеклассического мировоззрения, не могла согласиться с неизбежностью разницы. Например, под машзалом на ЗСМК был сооружён подвал, а на НЛМК – кабельный тоннель. На правительственном уровне с соответствующими оргвыводами были рассмотрены результаты существенной разницы в стоимости строительства и сроках освоения Молдавского и Белорусского металлургических заводов, построенных по одному прямому техническому заданию Предсовмина Н.А. Тихонова, в котором были указаны и одинаковая ёмкость ДСП, и одинаковый объём производства (1 млн т стали в год).

Назвав основные точки научно-технического прогресса, возвратимся в заключение к схеме техноэволюции (см. рис. 12.1), которая развивает схему И.И. Шмальгаузена. Свою схему он предложил как кибернетическое регулирование эволюционного процесса, как перефразировку дарвиновского понимания эволюции. В полной схеме мною учтено отличие информационного отбора от естественного, заключающееся в том, что документ – аналог генома (генотипа) живого – появляется (рождается вне полового процесса) и диктует изготовление (со стороны), в отличие от рождения и взроста фенотипа – конкретной особи живого.

Для технической реальности возможна ускоренная схема, невозможная для органического мира, где обязателен специфичный для каждого вида факт размножения, замкнутый на особь (совмещённый с нею). Действительно, генотип живого «встроен» в конкретную особь, которая должна родиться, вырасти, достичь репродуктивного возраста, размножиться, воспитать (не всегда) потомство. Генотип технического как документация на вид существует отдельно от особи. От особи-изделия размножение не зависит вообще. Оно диктуется техническими (и иными) решениями по конструкторской документации; решениями, достаточными для изготовления любого количества штук-особей изделий. Обратная связь на документ НИОКР после изготовления особи любого вида даёт возможность исключить проверку в цене. Это во много раз ускоряет технический прогресс (даже с учётом возможных ошибок).

На порядок ускоряет и снижает затраты на разработку виртуальная схема техноэволюции, когда все решения принимаются на основе компьютерных моделей, имитирующих и конструкцию единичной техники (комплекса) в рабочем режиме, и протекание технологических процессов, и качество создаваемых материалов, и потребительских свойств продукции, и экологического воздействия на окружающую среду, включая человека.

Итак, можно определить узловые точки следующим образом:

- 1) документ, определяющий создание изделия (техники, технологии, материала, продукции, экологии);
- 2) документ, обеспечивающий построение техноценоза и его функционирование;
- 3) информационный отбор – реализация изменений, вносимых в документ на изготовление изделия, и принятие решений на перспективу.

Соответственно следует различать:

- 1) конструирование (и проектирование) изделий;
- 2) проектирование (инвестиционное проектирование) ценозов, включая проектную и рабочую документацию;
- 3) прогнозное проектирование и планирование.

*Контрольные вопросы*

1. Определите и приведите примеры технического прогресса.
2. Обрисуйте сущность индустриализации и её документальное обеспечение.
3. Выделите область конструкторской деятельности с конкретизацией НИОКР, изготовления, наладки.
4. Объясните различие понятий «техника» и «технология» и сравните технологию изготовления (машиностроения) с другими технологиями.
5. Назовите особенности выполнения проектной документации.
6. Сравните полную, ускоренную, виртуальную схемы эволюции с точки зрения выпуска нового и новейшего.
7. Поясните обе стороны информационного отбора: оценку изделия и оценку проектного решения.

## Лекция 13. Теория и практика рангового анализа при определении параметров электропотребления

Практика применения рангового анализа при определении параметров электропотребления опирается на ранговое распределение как одну из разновидностей семейства гиперболических распределений. Основополагающими понятиями в теории  $H$ -распределения являются *особь* и *вид*.

Особь – выделенный, далее неделимый (условно) элемент биологической и технической реальностей, обладает индивидуальными особенностями и функционирует в индивидуальном жизненном цикле.

Вид изделия – основная структурная единица в систематике изделий, отличающаяся количественной и качественной характеристиками и изготавливаемая по одной проектно-конструкторской документации. К общим признакам вида относятся: определённая численность, тип организации, способность в процессе воспроизводства качественно сохраняться; дискретность, экологическая, экономическая и географическая определённость, устойчивость, целостность (не различаются в отдельных случаях виды и понятия: типоразмер, модель, артикул, марка, тип, сорт).

Для математического моделирования особей и видов в ценозе применяют гиперболическое распределение, именуемое обычно законом Ципфа. В математике распределение по убыванию параметра известно как вариационный ряд\*. Различают дискретный и интервальный вариационные ряды.

Дискретной вариацией признака называется такая, при которой отдельные значения и варианты отличаются на некоторую конечную величину. Вариация называется непрерывной, если отдельные значения признака могут отличаться друг от друга на сколь угодно малую величину.

Практика применения рангового анализа позволила изменить понятие распределения Ципфа и вариационного ряда как частных случаев гиперболических  $H$ -распределений. Существуют три разновидности  $H$ -распределений – в ранговой по параметру, ранговидовой и видовой формах.

Для дискретных величин (например, установленных электрических двигателей) характерны все три формы, для непрерывных величин (потребление электрической энергии) – только ранговое по параметру. Покажем индивидуальность форм  $H$ -распределения на примере статистических данных по 5000 двигателей 17 цехов химического комбината (несколько изменив подход и обозначения по сравнению с предыдущими лекциями). Пусть известны электрические параметры (тип, мощность, количество оборотов) и технологический параметр (назначение).

Для каждого из цехов рассчитаны ценологические показатели, сведённые в табл. 13.1:  $n_{\text{особей}}$  – количество двигателей в цехе;  $n_{\text{видов}}$  – количество видов двигателей с одинаковым значением исследуемого параметра;

---

\* Йейтс Ф. Выборочный метод в переписях и обследованиях. М., 1965.



$\beta_p, \beta_{pv}, \beta_v$  – коэффициенты, характеризующие степень крутизны рангового, ранговидового и видового распределений соответственно.

Между тремя видами распределений существует логическая связь, поясняемая на примере выделенного электрического параметра – мощности. Построим ранговое распределение двигателей (рис. 13.1, а), где особи расположены в порядке убывания мощности. Ранговидовая форма вытекает из предыдущей путём объединения особей с одинаковым значением параметра (рис. 13.1, б); за вид принимаем двигатель мощностью  $P$ , кВт. Последняя, третья, форма  $H$ -распределения получается путём объединения видов с одинаковым количеством особей на основании ранговидового распределения (рис. 13.1, в). Следовательно, можно предположить, что существует и математическая зависимость между характеристическими показателями этих распределений. Если данная гипотеза верна, то должна существовать корреляционная связь между коэффициентами, характеризующими степень крутизны трёх гипербол. В табл. 13.2 приведена матрица коэффициентов корреляции между всеми исследуемыми параметрами.

Анализ матрицы показал, что сильная корреляционная связь единична (между количеством видов и количеством особей в распределении двигателей по мощности, параметрами ранговидового и видового распределений – по механизму и типу). В целом гипотеза о математической зависимости рангового по параметру, ранговидового и видового распределений для дискретных величин не подтвердилась, что объясняется отличием рангового распределения по параметру от распределения Ципфа и вариационного ряда.

*Первое отличие – выбор объекта исследования.* Объектом исследования технических систем является техноценоз (сообщество всех изделий, включающее все популяции: ограниченное в пространстве и времени выделенное единство, характеризующееся слабыми связями и слабыми взаимодействиями элементов-изделий, образующих систему) – система искусственного происхождения, отличающаяся практической счётностью элементов, её образующих, невозможностью их полного адекватного документирования, неопределённостью границ, несопоставимостью времени жизни ценоза и особи, невозможностью выделения однозначной системой показателей

Электрическое хозяйство промышленного предприятия в полной мере отвечает данному определению. Соответствие объекта исследования ценологическому характеру – главное условие применимости рангового распределения по параметру. При изучении вариационного ряда объект исследования обычно не носит ценологический характер (например, возраст учеников в классе). Закон Ципфа также зачастую применяют для изучения частных случаев. Например, Ципф дал объяснение тому, что на рабочем столе никогда нет порядка, и оправдал беспорядок другим законом: вещи находятся настолько близко от нас, насколько часто мы ими пользуемся.

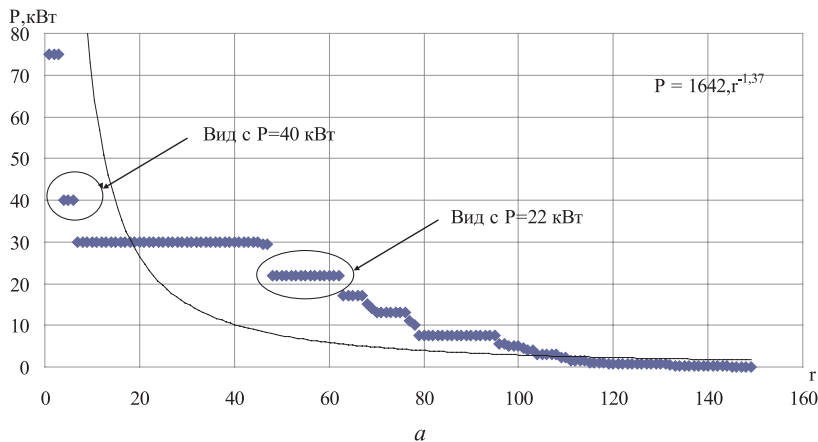
Для ценологических объектов характерно, что средняя величина не несёт физического смысла, а дисперсия стремится к бесконечности. Для вариационного ряда средняя величина является мерой сравнения двух объектов, т. е. несёт вполне конкретный физический смысл, который представляет собой количественную характеристику качественно однородной

совокупности. В конечном счёте это приводит к изучению распределения, соответствующего гауссовому (например, проверка выборки на представительность).

*Второе отличие – выбор параметра.* К непрерывным параметрам в технике относится электропотребление, практически не имеющее аналога в лингвистике, социологии, экономике, биологии. Электропотребление – регистрируемая величина. Для этого на предприятиях существует система учёта электрических параметров, включая автоматизированные, что позволяет получать достоверные данные в любое время с допустимой погрешностью, ограниченной погрешностью измерительной системы. Отличительной особенностью, например, электропотребления цехов промышленного предприятия является диапазон изменения параметра. Электропотребление самого крупного цеха от электропотребления самого мелкого может отличаться в  $10^6$  раз, удельные расходы электрической энергии по предприятиям одной отрасли промышленности на один и тот же вид продукции – в сотни раз.

Таблица 13.1  
Характеристические параметры распределений двигателей в цехах

Вид распределения	№№ п/п	№ цеха параметр	001	101	110	180	203	204	205	210	212	305	402	403	404	407	410	418	909
По мощности	1	$n$ (особей)	176	209	242	270	196	405	182	160	153	175	435	229	587	255	268	348	149
	2	$\beta(r)$	0,86	1,61	1,92	1,91	1,43	1,69	2,07	2,54	1,76	1,37	1,67	1,4	1,51	1,5	0,93	2,27	1,37
	3	$n$ (видов)	26	31	34	50	43	60	35	28	40	35	60	37	57	41	38	54	30
	4	$\beta(rv)$	1,06	1,17	1,22	0,99	0,95	1,14	0,82	1,04	0,92	0,95	1	1,24	1,08	0,95	1,18	1,1	1,14
	5	$\beta(v)$	0,45	0,59	0,5	0,95	0,83	0,73	0,61	0,59	1	0,6	0,72	0,73	0,58	0,5	0,6	0,72	0,69
По количеству оборотов	6	$n$ (особей)	176	209	242	270	196	405	182	160	153	175	435	229	587	255	268	345	149
	7	$\beta(r)$	0,37	0,34	0,26	0,47	0,37	0,36	0,27	0,24	0,29	0,26	0,43	0,28	0,36	0,32	0,38	0,36	0,38
	8	$n$ (видов)	31	39	8	48	9	15	4	4	14	6	11	3	5	31	18	6	4
	9	$\beta(rv)$	1,1	1,06	2,33	1,06	2,45	2,24	3,13	2,01	1,87	2,66	2,56	1,37	1,81	1,24	1,89	2,19	1,65
	10	$\beta(v)$	0,62	0,69	1	0,79	0,27	0,23	1	1	0,33	1	0,15	1	1	0,52	0,35	1	1
По механизму	11	$n$ (видов)	20	14	12	17	49	85	18	11	39	13	23	21	37	31	34	36	16
	12	$\beta(rv)$	1,56	1,75	1,92	1,82	1	1,02	1,25	1,55	1,06	1,91	1,7	1,41	1,38	1,39	1,29	1,47	1,71
	13	$\beta(v)$	0,41	0,18	0,07	0,3	0,93	0,9	0,16	1	0,85	0,23	0,25	0,31	0,28	0,47	0,48	0,51	0,29
По типу	14	$n$ (видов)	59	95	10	86	84	43	16	35	42	22	177	69	75	106	149	36	24
	15	$\beta(rv)$	0,82	0,67	1,79	0,87	0,71	1,42	1,68	1,02	1	1,58	0,63	0,85	1,29	0,72	0,58	1,41	1,38
	16	$\beta(v)$	1,41	1,77	0,14	1,27	1,53	0,54	0,29	0,72	0,78	0,55	1,64	1,25	0,68	1,57	1,78	0,54	0,53



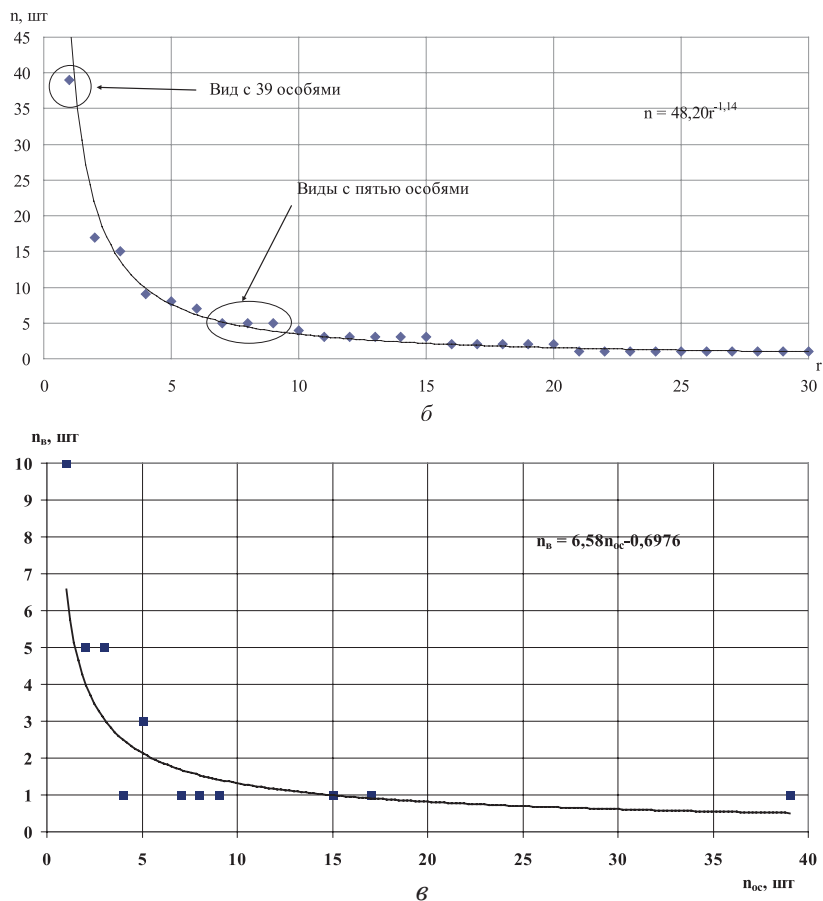


Рис. 13.1. Ранговое (а), ранговидовое (б) и видовое (в) распределения двигателей по мощности

Для вариационного ряда примером непрерывной вариации признака служит, например, распределение посевных площадей по урожайности. В случае непрерывного признака варианты объединяют в интервалы, образуя интервальный ряд. Интервальные ряды делятся на равные и неравные (при неудовлетворительном результате применения равных интервалов). Когда и неравные интервалы неприменимы, используют типологический принцип (где количественное изменение признака приводит к появлению нового качества) и специализированные интервалы (совокупность разбивается на однородные группы, отрасли, типы хозяйства и др., и для каждой группы строят свою шкалу интервалов).

Таблица 13.2  
Матрица коэффициентов корреляции

Вид распределения	№ п/п	№, № п/п параметры	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
По мощности	1	n (особей)	1,00														
	2	β(r)	0,03	1,00													
	3	n (видов)	0,84	0,17	1,00												
	4	β(рв)	0,18	-0,21	-0,06	1,00											
	5	β(в)	-0,03	0,22	0,39	-0,25	1,00										
По количеству оборотов	6	β(r)	0,42	-0,30	0,52	0,05	0,34	1,00									
	7	n (видов)	-0,08	-0,21	-0,03	-0,03	0,07	0,50	1,00								
	8	β(рв)	0,08	0,32	0,22	-0,39	0,02	-0,32	-0,69	1,00							
	9	β(в)	-0,15	0,34	-0,38	0,16	-0,31	-0,44	-0,29	-0,01	1,00						
По механизму	10	n (видов)	0,44	-0,10	0,62	0,02	0,31	0,23	-0,07	0,16	-0,60	1,00					
	11	β(рв)	-0,11	0,07	-0,27	0,24	-0,33	0,03	0,21	-0,19	0,50	-0,77	1,00				
	12	β(в)	-0,11	0,20	0,12	-0,17	0,38	-0,07	-0,12	0,06	-0,45	0,60	-0,68	1,00			
По типу	13	n (видов)	0,38	-0,38	0,36	0,06	0,06	0,60	0,38	-0,24	-0,63	0,09	-0,06	-0,04	1,00		
	14	β(рв)	0,02	0,39	-0,01	-0,04	-0,16	-0,45	-0,51	0,54	0,59	-0,02	0,17	-0,24	-0,82	1,00	
	15	β(в)	0,00	-0,50	0,01	0,06	0,03	0,49	0,58	-0,51	-0,57	-0,01	-0,07	0,06	0,86	-0,96	1,00

*Третье отличие – предсказуемый временной ряд.* Системы ценологического типа обладают структурой как некоторым свойством, определяющим их устойчивость. В данном случае структура предполагает постоянство состава основных системообразующих элементов (наличие постоянной системы отчётности по исследуемому параметру). Выделенные системообразующие элементы позволяют обойти проблему фрактальности – невозможность точно учесть и перечислить все элементы.

Расположенные во времени ранговые коэффициенты образуют упорядоченные ряды. Динамику временных рядов ранговых коэффициентов можно изучать в долгосрочной (более 12 лет), среднесрочной (5–12 лет) и краткосрочной перспективе. Временные ряды ранговых коэффициентов устойчивы во времени, независимо от количества особей-элементов, что говорит об устойчивости структуры электрических показателей при неполноте исходной информации. Каждый вид электрических показателей (электропотребление, удельный расход электрической энергии и др.) имеет свой временной ряд рангового коэффициента. Это позволяет сопоставлять результаты, полученные при анализе различных временных рядов, для наиболее достоверного прогнозирования изменений в электрическом хозяйстве.

Математическую модель временного ряда ранговых коэффициентов можно представить в следующем виде:

$$Y = T + S + I, \quad (13.1)$$

где  $T$  – тренд;  $S$  – сезонные колебания вокруг тренда;  $I$  – аддитивная или случайная составляющая.

Предсказуемость временного ряда позволила разработать методику прогнозирования\* параметров электропотребления на основе прогнозного рангового распределения по параметру (по первой точке и ранговому коэффициенту). Распределение Ципфа и вариационные ряды (в отличие от рангового по параметру распределения) применяют для исследования ста-

\* Кудрин Б.И., Жилин Б.В., Лагуткин О.Е., Ошурков М.Г. Ценологическое определение параметров электропотребления многономенклатурных производств. – Тула: Приок. КН. Изд-во, 1994. – 122 с.

тических систем (лингвистика), а также для систем, где нет необходимости в изучении динамики распределения (распределение учеников в классе по росту).

*Четвёртое отличие – физический смысл рангового коэффициента.* Сопоставление долговременных временных рядов электропотребления и рангового коэффициента для многономенклатурного производства позволило предположить, что изменение величины рангового коэффициента носит не случайный характер, а отражает состояние технотенденции во времени. Развитие ценологической системы характеризуется тремя основными этапами – строительство, развитие и стабильная работа. На этих этапах величина рангового коэффициента изменяется предсказуемо. Величина  $1,5 < \beta < 1,75$  соответствует этапу строительства,  $1,75 < \beta < 2,75$  – этапу развития и  $2,75 < \beta < 3,05$  – этапу стабильной работы. Приведённые величины, естественно, требуют уточнения, связанного с отраслевой принадлежностью. Но очевидно, что этапы развития предприятия\* влияют на ранговый коэффициент.

В распределении Ципфа для характеристического показателя  $\alpha$  существуют ограничения  $0 < \alpha < 2$  (для бесконечно делимых распределений это строго показано Колмогоровым и Гнеденко). Считается, что данные значения отражают стабильность структуры распределения, но не отвечают на вопрос: каков физический смысл величин, присутствующих в вышеназванном диапазоне?

Степень крутизны вариационного ряда носит случайный характер и, зачастую, нет необходимости в объяснении её физического смысла.

*Пятое отличие – константа рангового распределения по параметру.* При исследовании структуры электропотребления областей России было установлено, что вторичное распределение самих ранговых коэффициентов по годам, вне зависимости от социально-политического и экономического состояния страны, характеризуется величиной  $\beta' = 0,18$ . Следовательно, мы можем говорить о критерии устойчивого развития ценологической системы.

Принцип минимума производства энтропии, сформулированный И. Пригожиным в 1947 году, утверждает: стационарный поток в системе, в которой происходит необратимый процесс, характеризуется тем, что производство энтропии

$$\frac{dS_i}{dt} \equiv S_i \equiv \sum_i X_i J_i \quad (13.2)$$

---

\*Кудрин Б.И. Введение в технетику. – Томск: Изд-во ТГУ, 1991. – 384 с.; Кудрин Б.И., Жилин Б.В., Лагуткин О.Е., Ошурков М.Г. Ценологическое определение параметров электропотребления многономенклатурных производств. – Тула: Приок. кн. изд-во, 1994. – 122 с.; Математическое описание ценозов и закономерности технетики. Философия и становление технетики. Вып. 1. Доклады Первой Международной конференции (Новомосковск Тульской обл., 24–26 января 1996 г.). Вып. 2. Кудрин Б.И. Философия и становление технетики. Автореф. дисс. на соиск. уч. ст. докт. филос. наук. «Ценологические исследования». – Абакан: Центр системных исследований, 1996. – 452 с.; Философия техники: классическая, постклассическая, постнеклассическая. Словарь. – М.: Технетика, 2008. – 180 с.

имеет минимальное значение

$$\frac{1}{2} \delta^2 S_i = \sum_i \delta X_i \delta J_i > 0 \quad (13.3)$$

при данных внешних условиях, препятствующих достижению системой равновесного состояния, которое является абсолютным минимумом, когда  $S_i = 0$ .

Открытая система характеризуется воздействием извне, меняющим нормировку энтропии, в частности так, что энтропия, вычисленная в пределах признаков, заданных с  $(p_{ij})$ , уменьшается. В терминах теории вероятностей силы  $X_i$  определены независимо от признаков и условий, используемых при вычислении энтропии как числа возможных состояний системы. Например, для случая игральной кости изменения энтропии  $\Delta S$  и нормировочной энергии  $\Delta \varepsilon$  сила составит

$$X_i \approx \frac{S'_0 - S_0}{\varepsilon'_0 - \varepsilon_0} = -0,18. \quad (13.4)$$

Это абстрактная величина, но в условиях когда  $(p_{ij})$  – функционал, зависящий от размерных физических переменных, силы  $X_i$  при неравновесных процессах могут управлять конечными равновесными состояниями системы\*.

Исходя из вышесказанного, можно сформулировать закон (принцип) сохранения структуры (или закон устойчивого развития) ценозов. Он заключается в следующем: для оптимально функционирующего ценоза вновь появляющиеся виды или особи должны попадать в теоретически предсказанные места на существующей кривой распределения; уничтожение отдельных особей с необходимостью ведёт к появлению других в таком количестве и таких видов, что общая структура сохраняется.

Таким образом, ранговое распределение по параметру является одной из разновидностей гиперболических  $H$ -распределений, имеющей существенные отличия от распределений Ципфа и вариационных рядов при количественном и качественном описании ценологической системы.

В заключение следует обратить внимание:

1) на независимость представления (не статистическую, но математическую невыводимость одной формы  $H$ -распределения из другой) всех трёх форм  $H$ -распределения: ранговой по параметру; ранговидовой, видовой;

2) на теоретическое отличие рангового  $H$ -анализа от представлений Ципфа–Мандельброта;

3) на практическую направленность исследований, заключающуюся не столько в определении параметров электропотребления и устанавливаемого (ремонтируемого) электрооборудования, сколько в оценке жизненного этапа предприятия в целом.

---

\* Хазен А.М. Принцип максимума производства энтропии и движущая сила прогрессивной биологической эволюции // Теоретическая биология. – 1993. – Т. 38. – Вып. 3. – С. 538–539.



*Контрольные вопросы*

1. Охарактеризуйте вариационный ряд как метод исследования и приведите примеры, характеризующиеся средним.
2. Объясните ранговые распределения для дискретных величин на примере электродвигателей.
3. Назовите отличительные особенности ранговидового  $H$ -распределения.
4. Покажите, что видовое  $H$ -распределение наиболее объективно характеризует ценоз.
5. Дайте объяснение матрицы (см. табл. 13.2), характеризующейся статистически незначимыми корреляционными парами.
6. Укажите особенности и величину разброса параметров для ценологических объектов.
7. Свяжите предсказуемость временного ряда ранговых коэффициентов с энтропийными представлениями.

## Лекция 14. Три научные картины мира и практика электрики

Каждый человек воспринимает окружающий мир по-своему: существует столько картин мира, сколько живёт людей, способных воспринимать окружающее. Индивидуум – индивидуален. Он с неохотой и ленью превращается в Человека, уважать которого надо, хотя он лишь в малой степени способен договориться, что есть бытие и что есть познание, мораль, право. И оказалось, что чем свободнее человек (и действует он в рамках этики и законов: жить в обществе и быть свободным от общества нельзя), тем ценологически устойчивее эволюционирующее общество в целом, гармоничнее развивается экономика, полнее удовлетворяются материальные потребности, богаче становится духовная жизнь каждого и, наконец, успешнее функционирует государство.

Конечно, кирпич на голову ни с того ни с сего не упадёт. Но есть явления и процессы, протекающие в окружающей реальности, где приятие факта исключает индивидуальность. Причин – множество: «С горы скатившись, камень лёг в долине – / Как он упал? Никто не знает ныне – / Сорвался ль он с вершины *сам* собой, / Иль был низринут волею чужой?» (Ф.И. Тютчев). Падение же камня именно вниз едва ли кем-либо и когда-либо оспаривалось: прачеловек просто не выжил бы без знания этого, полагаясь на наблюдения, что более лёгкое падает медленнее. Это бытовая, обыденная картина мира.

Противореча ей – тогдашним представлениям, – Галилео Галилей превратил картину наблюдаемого в научную, открыв закон свободного падения тел. Высказав же первые идеи об инерции, сложении скоростей и движений, началах возможных перемещений (что отрицало физику Аристотеля, точнее – взгляды, господствовавшие без малого 20 веков), Галилей заложил основы первой научной механической картины мира, сделав научный эксперимент практикой. В классическом виде (как мировоззрение) она представлена Ньютоном и доведена до логического совершенства электродинамикой Максвелла.

Наука, как особый вид познания, как сфера человеческой деятельности, осуществляет функцию накопления и систематизации объективных знаний о действительности. Результат научной деятельности – сумма обоснованных и доказанных знаний, лежащих в основе той или иной картины мира. Система наук условно делится на естественные, общественные, гуманитарные и технические. Цель науки – выявить законы, действующие в мёртвой и живой природе; в технической, информационной, социальной реальностях, чтобы преобразовать любые объекты любой природы в направлении, благоприятном для человека. Обобщая развитие науки, акад. В.С. Стёпин выделяет три основных типа рациональности: классическую (XVII – начало XX в.), неклассическую (первая половина XX в.), постнеклассическую (конец XX в.). Причём, появление каждой новой картины не устраняет предыдущую, а лишь ограничивает область её действия. Так, первая картина Ньютона–Максвелла оказалась включённой в картину ве-

роятно-статистическую, очевидность существования которой выявилась в результате дискуссии Бора–Эйнштейна.

В теории относительности, говорил Вернер Гейзенберг, пришлось пожертвовать старым понятием одновременности; в квантовой механике – понятием электронных орбит; в физике частиц надо пожертвовать понятием деления или понятием «состоит из». Самó «понятие траектории надлежит применять лишь со степенью неточности, характеризующейся тем, что произведение неопределённости местоположения на неопределённость сопряжённого импульса не может стать меньше кванта действия Планка».

Для специалиста восприятие вероятностно-статической картины мира (второй научной) не вызывает затруднения. Мировоззренчески инженер готов к тому, что множество внутренних и внешних факторов, воздействующих на объект, не даёт возможности получить совершенно точный и однозначный результат (в проектировании говорят о допустимой инженерной ошибке  $\pm 10\%$ ; в сметах на строительство существует понятие «неучтённые затраты», принимаемые в размере 3–5 %). Собственно вся теория надёжности построена на понятиях, опирающихся на среднее (математическое ожидание) и предсказуемую ошибку (дисперсия). Проиллюстрируем отождествление инженерами первой и второй картин мира. Ограничившись простейшими представлениями теоретических основ электротехники при расчете линейных цепей постоянного и синусоидального токов, запишем для двухполюсника закон Ома:

$$U=IR, \quad (14.1)$$

где  $U$  – напряжение, В;  $I$  – ток на зажимах двухполюсника, А;  $R$  – активное сопротивление, Ом.

Первый и второй законы Кирхгофа:

$$\sum I_k = 0, \quad k = 1, 2, \dots, n, \quad (14.2)$$

$$\sum e_k = \sum I_k R_k, \quad k = 1, 2, \dots, m, \quad (14.3)$$

где  $n$  – число ветвей, сходящихся в узле;  $m$  – число ЭДС, сопротивлений, токов;

активная мощность  $P=UI\cos\varphi; \quad (14.4)$

реактивная –  $Q=UI\sin\varphi; \quad (14.5)$

полная мощность –  $S=UI; S=\sqrt{P^2+Q^2}. \quad (14.6)$

Выражения (14.1) – (14.6) дают однозначный результат, если заданы однозначными исходными данными. По умолчанию многие из них задаются нормативно (ПУЭ и др.) или определяются исследованиями, справочниками, паспортами заводов-изготовителей. Там часто указывают пределы, в которых якобы и находится величина, подставляемая в расчётную фор-

мулу. Но чаще указывается однозначное значение. Например, допустимый длительный ток для трёхжильного кабеля сечением токопроводящей медной жилы  $95 \text{ мм}^2$  с резиновой изоляцией в поливинилхлоридной оболочке бронированного (и небронированного), с нулевой жилой и без неё, при прокладке в воздухе принимается, по ПУЭ, равным 220 А, в земле – 330 А, исходя из получасового максимума – ближайшего из средних получасовых токов данного элемента сети, с учётом не только нормальных, но и послеаварийных режимов, а также режимов в период ремонта и возможных неравномерностей распределения токов между линиями, секциями шин и др.

Выбрали? И, помня, что длительный допустимый ток принят для температур: жил  $+65^\circ\text{C}$ , окружающего воздуха  $+25^\circ\text{C}$  и земли  $+15^\circ\text{C}$ , обратитесь к заводу-изготовителю кабельной продукции за разъяснением о нормированной им температуре жил, которая может отличаться от  $65^\circ\text{C}$  (по ПУЭ – от 50 до  $80^\circ\text{C}$ ) и введите поправочные коэффициенты  $k$  на токи при иной расчётной температуре. Так, для других районов (большая часть территории России) при температуре среды (земли и воздуха) минус  $5^\circ\text{C}$  и ниже  $k = 1,48$  (по ПУЭ); при  $+45^\circ\text{C}$  (летом) – до  $k = 0,37$ .

Как проектировщик, выпустивший чертёж траншейной прокладки, проследите во время авторского надзора за ходом строительства, чтобы при параллельной прокладке расстояние по горизонтали в свету между силовыми кабелями до 10 кВ было не менее 100 мм. Если вы проектируете прокладку одного кабеля, то согласуйте с заказчиком ожидаемое на пятилетнюю перспективу возможное число работающих кабелей, лежащих рядом в земле, в трубах или без труб. И если их будет шесть (больше ПУЭ не разрешает), то введите понижающий коэффициент  $k = 0,75$ . Отметим, что длительные допустимые токи в прокладываемых кабелях в двух параллельных блоках одинаковой конфигурации (что делать при разных – ПУЭ умалчивает) при полуметровом расстоянии между ними должны быть уменьшены с учётом поправочного понижающего коэффициента  $k = 0,85$ .

При выборе трассы, ориентируясь на строительную длину 100–200 м (для большей длины – легко, без дополнительных затрат можно принять кабель другого сечения), необходимо рассматривать все условия охлаждения. Для наихудших условий охлаждения, если длина такого участка трассы более 10 м (например, вынужденное сближение с теплотрассой), следует применять кабельные вставки большего сечения или принимать кабель большего сечения по всей трассе.

Наихудшие условия могут возникнуть и потребовать поправочного коэффициента на допустимый длительный ток для кабелей, проложенных в земле, в зависимости от удельного сопротивления земли (характеристики земли). Определены и нормальные почвы (без расшифровки по ПУЭ) и песок влажностью 7–9 %, песчано-глинистая почва влажностью 12–14 %. Если, по сведениям генплана, часть трассы более 10 м (или вся трасса) прокладывается через песок влажностью до 4 % или по каменистой почве, то вводится поправочный коэффициент  $k = 0,75$ .

Неясен вопрос, вписанный в ПУЭ, но ранее при проектировании не учитываемый, что делать (заменять?) с кабельными линиями, находящимися в

эксплуатации более 15 лет, для которых перегрузки должны быть понижены на 10 %.

Далеко не всегда для каждого (даже высоковольтного) кабеля где-либо фиксируется получасовой суточный максимум нагрузки. А это не даёт возможности определить коэффициент предварительной нагрузки (их, по ПУЭ, всего два: 0,6 и 0,8) на период ликвидации послеаварийного режима для кабелей напряжением до 10 кВ на время максимума нагрузки продолжительностью не более 6 часов в сутки в течение 5 суток. Допустимая перегрузка (по отношению к номинальной) градуируется 1, 3, 6 часов для прокладки в земле, в воздухе, в трубах в земле с коэффициентом от 1,50 до 1,10.

Таким образом:

1) «правильный» расчёт обставлен множеством условий, выполнение которых невозможно в короткие сроки (для условий рынка это особенно важно) и вообще возможно лишь теоретически;

2) каждое из значений допускает отклонение (это не константы превращения одного вида энергии в другой или константа ускорения падающего тела, которая, кстати, зависит от высоты над поверхностью земли);

3) указание значения «в точке», хотя и подразумевается интервал, влечёт оценочные (не строгие) решения, тем самым нарушая однозначную правильность.

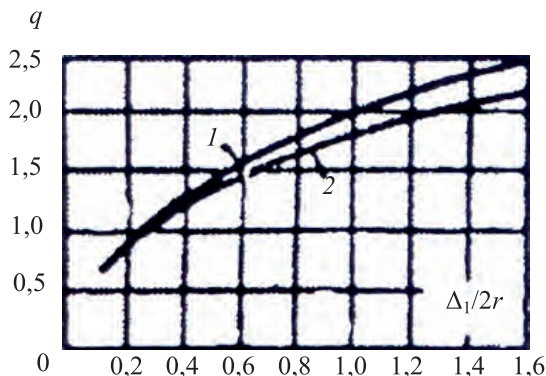


Рис. 14.1. Зависимость геометрического фактора для трёхжильного кабеля с круглыми жилами от отношения толщины изоляции к диаметру жил:

1 – кабель с равными толщинами жильной и поясной изоляций,  $\Delta_1 = \Delta_2$ ;

2 – кабель без поясной изоляции;  $q$  – геометрический размер;

$\Delta_1$  – толщина изоляции между жилами, мм;  $r$  – радиус жилы, мм

Так, поправочный коэффициент на токовые нагрузки кабелей дан для фактической температуры среды 20 и 25 °С (в частности). А если у вас  $v_p = 23$  °С, то надо ли бросаться определять коэффициент по формуле

$$k = (v_d - v_p) / (v_d - 25), \quad (14.7)$$

где  $v_d$  – максимальная допустимая температура при длительной работе (если расчётная температура 15 °С, то вместо 25 указывают число 15).

Если не устраивают табличные значения, то тепловое сопротивление изоляции многожильного кабеля с круглыми жилами

$$S_n = \delta_n q / 2\pi n, \quad (14.8)$$

где  $n$  – число жил;  $q$  – геометрический диаметр, определяемый по рисунку в зависимости от отношения  $\Delta_1/2r$  ( $\Delta_1$  – толщина изоляции между жилами, мм;  $r$  – радиус жилы, мм).

Сопротивление теплоперехода от поверхности кабеля в воздух

$$S_B = \alpha / \pi D, \quad (14.9)$$

где  $\alpha$  – коэффициент теплоперехода,  $^{\circ}\text{C}\cdot\text{см}^2/\text{Вт}$ ;  $D$  – внешний диаметр кабеля, см; также может быть представлено множеством кривых для диапазона  $D = (2,5 - 7,5)$ .

Тепловое сопротивление окружающей одиночный кабель земли вычисляется как

$$S_3 = 2/3 \cdot \delta_3 / \pi \cdot \ln(4l/\alpha), \quad (14.10)$$

где  $\delta_3$  – удельное тепловое сопротивление почвы,  $^{\circ}\text{C}\cdot\text{см}^2/\text{Вт}$  (для песчано-глинистой почвы влажностью 12–14 %  $\delta_3 = 120$ ; для каменистой – 300);  $\alpha$  – глубина прокладки (заметим, что МЭК регламентировал не учитывать коэффициент 2/3).

Существуют также постоянные времени нагрева кабелей и интервалы осреднения  $T_{\text{оср}}$ , отличающиеся от 10- и 30-минутных. Для кабелей 150–185 мм<sup>2</sup> – основы распределительной сети 6–10 кВ по крупным промышленным предприятиям,  $T_{\text{оср}}$  в воздухе – 2,5 ч.; в земле – 3 ч.

Заметим, что выражения (14.1) – (14.6), а также многие другие электротехнические параметры оборудования и сетей определяются величиной активного  $R$ , индуктивного, емкостного сопротивлений. Но  $R$  в разных справочниках, найденное по удельному сопротивлению  $\rho$ , различаются: в 1932 году для меди  $\rho$  принимали 0,0166 (при 15  $^{\circ}\text{C}$ ); в 1954 году  $\rho_2 = 0,0157$  (при 20  $^{\circ}\text{C}$ ); в 2001 году – 0,0162 Ом $\cdot$ мм<sup>2</sup>/м (1 м<sup>2</sup> = 106 мм<sup>2</sup>). Для изготовления проволоки, ленты, шин применяют медь в мягком (отожжённом состоянии) и твёрдом виде. При +20  $^{\circ}\text{C}$  для мягкой проволоки по ГОСТ 2112–62 удельное  $\rho$  определено 0,01724, для твёрдой – 0,0180 Ом $\cdot$ мм<sup>2</sup>/м – разница 4,4 % (по данным справочника Фёдорова 1954 года различие 11,5 %). Что касается алюминия, то известен алюминий особой чистоты (Al не менее 99,999 %). Но для проволоки твёрдой и мягкой, для шин используют алюминий технической чистоты (99,50 %), удельное электрическое сопротивление при 20  $^{\circ}\text{C}$  не более 0,283–0,290 Ом $\cdot$ мм<sup>2</sup>/м (для разных марок).

С мировоззренческих позиций подробное рассмотрение столь простых вопросов, как выбор проводника (кабеля), позволяет сделать вывод, что физика и химия строго называют константы, характеризующие каждый химический элемент (и сплавы). И тогда при строго неизменной величине напряжения и форме тока можно получить абсолютно точный результат, например, по закону Ома (14.1), определить активную мощность по (14.4).



Но, как неоднократно подчёркивалось, изготовление любого электротехнического изделия ведёт к тому, что параметры, характеризующие сконструированный вид, отличаются для любых двух экземпляров, штук, особей. Однако эти отличия, проверенные службой качества, укладываются вполне в определённые допуски, представленные десятками распределений, в пределе сводящихся к нормальному.

Из набора одних и тех же молекул в человекомерном масштабе природа делает:

1) мёртвые рудные тела или пласты угля, где каждый образец (особь) одного месторождения отличается по составу от другого образца этого же месторождения лишь гауссово (что делает необходимым, например, усреднять по химическому составу угли разных поставок при коксовании; обеднять топливо, подаваемое в топку котлов ТЭЦ, при поступлении высококалорийного угля: каждая тепловая электростанция предпочитает работать на одних марках угля одного поставщика;

2) живых слона или зайца, который подчиняется Гауссу, не может весить 100 г или 100 кг;

3) техническое: ТМ-1000 или СК-10000 с гостируемыми параметрами и отклонениями по нормальному распределению;

4) правила орфографии и словари, размещение клавиш компьютера;

5) морально-этические нормы поведения, на соответствие которым обществом проверяется (оценивается) индивидуум (личность, особь) формализованно (документированно) и идеально (мнением).

Каждая из особей физической, биологической, технической, информационной, социальной реальностей не существует сама по себе. Особи, классифицируемые по видовым признакам, собираются в слабо связанные и слабо взаимодействующие сообщества-ценозы (*cenosis*, *cénose*, *coenose*), где понятие среднего, как оказалось, не имеет смысла, а ошибка в точке может быть сколь угодно большой. Структура любого ценоза устойчива, и для её описания используется гиперболическое *H*-распределение. Оно представимо в видовой, ранговидовой и в ранговой по параметру формах. Так мы приходим к трансдисциплинарным представлениями общей и прикладной ценологии, опирающимся на третью научную картину мира.

Сегодня только третья картина критически воспринимает однозначность справочных материалов: для насосов  $\cos\varphi = 0,85$ ;  $K_c = 0,8$  (фактически по каждой из групп насосов одного промышленного объекта наблюдается ряд  $K_c - 0,17; 0,38; 0,46; 0,55; 0,8; 0,81; 0,85; 0,99$ ) или нормы на единицу продукции, которые десятилетиями пытаются усреднить. Статистика же упорно утверждает, что в техноценозах расход электроэнергии, например, на одно и то же наименование (вид) продукции (вагон, трактор, комбайн, прокат, литьё, цемент, сахар, электродвигатель условный 1 кВт, электрофарфор и др.) различается в 2, 5, 10, 100 и более раз, что никоим образом не описывается нормальным распределением.

Рассмотрим и обобщим все три научные картины, которые являются попыткой свести воедино то, что интерпретируется различно различными учёными и специалистами. Многие из утверждений таблицы субъективны и могут быть оспорены. Сравним представленное по пунктам.

Первые три постулата таблицы сформулированы тяжеловато, но понять их достаточно просто. Классика не различает две точки и два движения, если их параметры идентичны, а сами параметры полностью и однозначно описываются физическими законами, которые действовали и действуют во все времена в безграничном, однородном, изотропном трёхмерном пространстве. Поэтому, зная координаты места и движения каждой точки (молекулы), можно совершенно точно предсказывать будущее и восстанавливать прошлое.

В-постулаты не определяют строго и однозначно в пространстве любой размерности и геометрии параметры события в ходе процесса и в функционирующей системе, делая его (событие) случайным из-за множества причин-воздействий. Случайность снимается математическим ожиданием и приемлемой ошибкой.

Вероятно-статистический В-постулат применительно к изготовленному экземпляру-особи начинает проявляться с момента начала эксплуатации, но остаётся незамеченным, если изделие соответствует паспорту. Если же произошёл отказ в течение срока гарантии, оборудование не обеспечивает предусмотренную производительность или расход энергоресурсов (электроэнергии, топлива) существенно больше, то для оценки ситуации теоретически обращаются к результатам, вытекающим из закона больших чисел и центральной предельной теоремы.

Ценологические Т-постулаты ставят проблему выделения ценоза и сравнения его с другим (предполагая введение понятия «вид-особь»); указывают, что любая система показателей основана на договорённости лиц, что таких систем может быть сколь угодно много. Но договорённость не позволяет утверждать, что ценозы, характеризующиеся одинаковыми показателями, неразличимы, не были одинаковы раньше и, хотя оба необратимо эволюционируют, не будут развигиваться одинаково и дальше.

Сравните два города (Москву и Санкт-Петербург) и убедите оппонента, что один из них лучше (крупнее – да!). Три завода (Магнитогорский, Северсталь, Новолипецкий) имеют близкие основные электрические показатели, но значительно различаются по составу основных технологических агрегатов и сортаменту выпускаемой металлопродукции. Общее же для любого ценоза заключено в общности (сравнимости) структуры любого из них, описываемой математическим аппаратом гиперболических  $H$ -распределений, который задаёт характеристический показатель.

Научные картины мира есть следствие познания бытия и осмысление результатов научных исследований, которые в каждую эпоху опирались на фундаментальные представления об устройстве мира. Классика оперирует телами (полями) и движениями (траекториями), введя понятия: *точка*, *идеальный газ*, *идеальная синусоида* и др.

Вторая картина отразила переход к изучению процессов и явлений, к рассмотрению последовательности смены состояний в развитии объекта, который стал рассматриваться как система, к исследованию множества элементов с отношениями и связями между ними, образующих определённую целостность, единое структурное целое, состоящее из большого числа взаимосвязанных и взаимодействующих между собой элементов. Модельно

объект-система моделировался как «чёрный ящик», для которого задаётся входное воздействие, получается выходной сигнал и имеется возможность управлять входными параметрами и состоянием ящика (обратная связь).

Физические и биологические ценозы окружали человека всегда с момента становления его как одного из видов животных. Археологические раскопки указывают на формирование технического ценоза (орудия труда, укрепления, посуда) уже в те времена. Техноценологические исследования, начатые в 1969 году и оформленные в 1976 году в виде закона информационного отбора, находились в русле исследований XIX–XX веков, охватывающих самые различные виды деятельности, которые характеризуются негауссовостью, и самые различные природные образования, рассматриваемые как сообщества чего-либо.

Первая картина мира оставалась в рамках трёхмерного пространства, к которому добавился вектор времени, связываемый с теорией относительности. Системные исследования потребовали многомерности, где каждая координата может отражать нечто, не имеющее отношения к пространству, но как абстракция даёт интересные решения. Третья картина мира деформировала прежние понятия пространства и времени. В частности, ценоз невыделяем в пространстве как точка и её движение, а время становится не абсолютным, а феноменологическим, и его нужно связывать с объектом и его эволюцией.

Философско-методологический подход, связанный с рождением и становлением каждой из научных картин мира, определил успехи соответствующих разделов знаний, направленность производства, стиль жизни и общественные отношения. Не случайно совпадение времени рождения менеджмента (Г. Таун, 1886 г.) с принятием единой системы механических единиц.

Классики менеджмента – А. Файоль, Г. Эмерсон, Ф. Тейлор, Г. Форд – формализовали структуру полномочий, централизацию, иерархию, порядок; обосновали разделение труда и разбивку процессов работы на стадии; ввели учёт, отчётность, планирование, нормирование; стандартизировали операции и документацию, рационализировали информационные потоки. Это было завершение промышленной социально-технической революции, зрелость индустриального общества, расцвет НИОКР и машиностроения. Доведя время изготовления одного автомобиля до 2 часов, продажную цену до 400 долл., выпустив к 1928 году 15 млн машин модели «Т», Форд, казалось, закрыл проблему обеспечения автомобилями. Так же думали, что строительство хрущёвских пятиэтажек решит проблему обеспечения жильём. Однако этого не произошло. Человечество стало осознавать неприменимость одинаковости и необходимость потреблять меньше, т. е. столько, сколько элементарно нужно и приемлемо для сохранения нынешней цивилизации в следующем XXII веке.

Как бы отвечая утопистам, мечтавшим о всеобщем равенстве везде и во всём, Форд писал: «Люди, не знакомые с производством, любят представлять себе стандартизированный мир, где все живут в одинаковых домах, носят одинаковую одежду, питаются одинаковой пищей и чуть ли не одинаково мыслят и действуют. Но такой мир был бы тюрьмой, и он невоз-

можен, пока люди ещё продолжают мыслить». И далее: «Устанавливать, что сегодняшний стандарт будет стандартом и завтра, – значит превышать свои силы и свои права, ибо ничто не может помешать промышленному предприятию изобрести завтра ещё более совершенное, отвечающее спросу изделие. Только поверхностные люди могут воображать, что стандарт есть какая-то стальная форма, в которую можно заключить все человеческие усилия и придать им единый облик на все времена».

Системно-кибернетический и вероятностно-статистический подходы отразили постиндустриальный тип общества, документально опирающийся на инвестиционное проектирование, которое обеспечивает не только строительство заводов тяжёлой промышленности, но и создание сферы услуг и потребления, обустройство проживания на основе неприродного. Расширение области стандартизации, создание системы обеспечения качества продукции, расширение разнообразия выпускаемого, осуществили переход к статусному потреблению.

Глобализация экономики, переход к высоким технологиям и неприродным материалам; определённая завершённость научных и технологических исследований по ряду направлений, оперирование (при создании материалов) поразительными свойствами (как непроводящее нанотехнологическое золото) стирают государственные границы, увеличивают культурные и научные связи, рассматривают членов общества по критериям богатства и потребления. Завершившееся «восстание масс» охватило население, по Парето, предметами потребления (включая личные средства передвижения, жильё и отдых), сделав ставку на индивидуальные предложения, на виртуально-информационное обеспечение. Это делает, с одной стороны, общество безличностным, управляемым ТВ, с другой – жаждущим героя, когда в едином порыве приветствуют Диму Билана или триумф в футболе.

Мелькание героев и звёзд ставит проблему преемственности культуры, этических и эстетических различий поколений. Не возникает ли опасность сбросить Пушкина на свалку истории, отправив его к А.П. Сумарокову и В.С. Тредиаковскому? Реализовалась, по С. Лему, запланированная смерть товара (аболесценция), представленная фантастами: «Автоматы напялили на него однодневные ботинки, прикрепили к рубашке одноразовый воротник, пристегнули теряющиеся запонки, залепили дыры быстроотклеивающимся пластырем и всучили модную шляпу “Носи-Бросай”».

И если раньше говорили, что жить в обществе и быть от общества свободным нельзя, то теперь следует осознать, что нельзя жить в техническом ценнозе и быть независимым от технического окружения, от вещей.

Поучительно влияние мировоззрения на методы познания. Классика опиралась на аналитику, на воспроизводимость опытов (наблюдений) и однозначность выводов, законов, результатов, объективно не зависящих от того, кто их открыл и кто потом ими пользуется. Системно-кибернетические представления уже предполагают использование интуиции, опирающейся, безусловно, на знания (здесь отличие от инстинкта) и опыт. Интуиция помогает сформулировать исходные данные и требования, оценить результат, предложить способы и методы воздействия на процессы и состояние системы.

Озарение – наиболее трудно объяснимый, но наиболее продуктивный метод познания. Конечно, не каждому приходит озарение Архимеда, Ньютона, Менделеева. Но озарение может «снизойти» на любого учёного и человека вообще, на любом уровне менеджмента, на профессионала любой специальности, на посредственность, точнее – на не выдающуюся личность (Марсельеза, «Конёк-Горбунок»), когда долго или стрессово бьёшься над проблемой, когда становится необходимым найти ответ по трудной логически и вероятно не решаемой задаче. И вдруг, во сне, в походе, в театре, в самом неподходящем месте, словом – везде, сразу видишь: вот оно, вот так надо делать. Развивайте способность к принятию нестандартных решений!

Рассматривая широко практику и науку об электричестве с точки зрения электрификации всей России, очевидно выделение трёх крупных областей человеческой деятельности:

- разработка и изготовление электротехнических изделий (электротехника как отрасль экономики и ТОО как теоретическая основа);
- генерация, передача, распределение, сбыт электрической энергии (электроэнергетика);
- собственно применение, использование, потребление электричества (электрика).

Очевидно, что роль потребителя электротехнических изделий и потребителя электрической энергии стала определяющей и со временем будет возрастать, так как эффективность использования энергоресурсов в наибольшей степени определяется потребителями – в промышленности, строительстве, транспорте, ЖКХ, сельском хозяйстве, сфере услуг и быта.

### *Контрольные вопросы*

1. Назовите три основных типа рациональности по В.С. Стёпину.
2. Поясните формулы (14.1) – (14.6) с точки зрения классической электромеханической картины мира.
3. Рассчитайте коэффициенты и пределы ошибки (в процентах), которые меняют величину расчётного тока при прокладке кабелей в траншее.
4. Сравните первые два постулата для всех трёх картин мира.
5. Идентифицируйте идеальные объекты для разных картин мира.
6. Кратко изложите теоретические отличия и области практической деятельности электротехники, электроэнергетики, электрики.
7. Приведите примеры интуиции и озарения как важнейших методов познания.

## Лекция 15. Структурно-топологическая динамика видовой структуры электрооборудования и параметров электропотребления

Было показано, что первая физическая картина мира Ньютона–Максвелла есть идеал видения бытия, сформулированный учёными для решения практических задач, – свой для каждой науки. В теоретических основах электротехники это законы электростатики и электродинамики, позволяющие рассчитывать электрические цепи. Однако токи и напряжения в каждом проводнике, катушке, машине, комплексе обязательно отличаются допусками от расчётной величины, которая в пределе есть математическое ожидание нормального распределения.

Изготовленная (в пределах паспортных данных для использования с оговоренной дисперсией) дискретная единица оборудования классифицируется по видовым признакам, унифицируется (по крепежу, деталям и узлам), стандартизируется (сертифицируется). Эта единица неизбежно оказывается охваченной единой мировой системой измерений (единиц). Множества же единиц-штук-особей разных видов с неизбежностью собираются в сообщества – ценозы, на структуру которых гиперболические  $H$ -распределения накладывают объективные ограничения по разнообразию и соотношению «крупное–мелкое».

Видовое  $\Omega(x) = W_0/x^{1+\alpha}$ , ранговидовое  $\lambda(r) = B/r^\beta$ , ранговое по параметру  $W(r) = W_1/r^\beta$  распределения описывают любые физико-химические, био-, техно-, информ- и социоценозы (включая бизнес-ценозы) единым негауссовым математическим аппаратом, который задаёт интервал характеристического показателя  $\alpha$  (или  $\beta$ ). Ценологическая структура каждой из реальностей модельно идентична. Проблема заключается в объяснении форм отбора (для техноценозов – информационного), причин направленности эволюционного развития, порождающих  $H$ -структуру, и устойчивости структуры. Дарвиновский естественный отбор (1859 г.) успешно и много лет побеждает, уточняется, правится, отвергается, оставаясь для техноэволюции фундаментом, на основе которого в технетике произошла замена генетического аппарата живого документальным строительством технического.

С позиций общей и прикладной ценологии как трансдисциплинарного направления заманчиво предложить использовать результаты, полученные в одной области знаний, для объяснения и предсказания фактов в другой. И здесь существенны особенности технической реальности, которая, с одной стороны, есть порождение мертвого и живого, но с другой – сама породила информационную и социальную реальности. Метод аналогии не нов, но здесь – различие сущностей отбора как при выявлении факторов движущих и сохраняющих, так и при интерпретации результатов.

Изучение техноценозов предпочтительнее, так как налицо, во-первых, бухгалтерская, можно полагать, фиксируемость наличия и состояния шту-



ки-особи и параметра, характеризующего элементарный объект и ценоз в целом; во-вторых, выявление механизма порождения объективно неизбежных выбросов и провалов на *H*-кривой в статике; в-третьих, исследование динамики численности популяций такое, что можно оценить жизнеспособность вида и говорить о видовой надёжности; в-четвёртых, отслеживание по ценологическим критериям (не отвергая иные) на протяжении обозримого времени (сутки – год) эффективности менеджмента при управлении индивидуализацией продукции (решений) и её массовости; в-пятых, прогнозирование на различные временные интервалы, основанное на ценологическом (по минимуму затрат) распределении (раздаче) ресурса единичным элементарным объектам, и прогнозирование объекта этого ресурса по ценозу в целом.

Сравним. Хольцмарк (1910 г.) установил, что галактики распределены по массам с характеристическим показателем  $\alpha = 1,5$  (идеальное значение для структуры ценоза). По Ферсману (1939 г.), в земной коре (что с ценологической точки зрения может быть выделено лишь конвенционно) кислорода 49,13 весовых процента; Si – 26,00; Al – 7,45; Fe – 4,20; Ca – 3,25; химический состав земной коры: SiO<sub>2</sub> – 55,24 %; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 14,55; CaO – 8,12; FeO – 5,86; H<sub>2</sub>O – 2,44 %. Это неповторимая и неизменяемая данность. Но каков эволюционный механизм, закрепивший, что золота меньше, чем железа?

Для растений: кислорода – 79,0 %; Н – 10,0; С – 3,0; N – 0,28 и т. д. А здесь что? И как преподнести гиперболу? В начале XX века S. Garthside собрал в линейную ловушку 5186 особей насекомых 399 видов (повторяемость 13,0); A.S. Corbet поймал 9031 бабочку, которые оказались 620 видов. Сам классик – С.В. Williams за четыре года (1933–1936 гг.) истребил 15 621 Lepidoptera, получив идеальную гиперболу (см. журнал «Общая и прикладная ценология», 2007 г.); здесь опыт также невоспроизводим (да ещё и экологически непредсказуем).

Информценоз обычно предстаёт в статике (правда, можно говорить о динамике спама). Конечно, и «Евгений Онегин», и «Мастер и Маргарита» родились не сразу. Но не удаётся (что весьма принципиально) «отловить» и формализовать авторский процесс, когда «единого слова ради изводишь тысячи тонн словесной руды». Да и о чём говорит отдельное слово, и что с ним, кроме констатации самого факта, делать? У Пушкина словарь «алкогольной» темы обширнее, чем у Лермонтова – единичных словоупотреблений. Ну и что? Закон об электроэнергетике всё время дополняется и корректируется – как будто есть динамика, но она не вытекает и не сводится к подсчёту изменения количества, например, предлогов или слов вообще (изучению подлежат новые слова – термины). Анализ Библии, миллионов слов русских текстов, думских документов лишь подтверждает сам факт всеобщности *H*-распределения для конвенционно выделенных целостных текстов, имеющих смысл.

Не останавливаясь на социоценозах и лишь напомнив о распределении Парето (1896 г.), обратимся к техноценозам, статистика по которым за 1969–2000 годы охватила свыше 1000 выборок и генеральных совокупностей, представленных 2,5 млн единиц-особей самого различного обо-

рудования и элементов сетей. Для пояснения структурно-топологического подхода в качестве примера возьмём видовое распределение ремонтируемых электродвигателей по Новосибирскому металлургическому заводу за 5 лет (табл. 15.1), где:  $a_i$  – реализованная (эмпирическая) численность популяции ( $i = 1, 2, 3, \dots$ , возможная;  $i = [x]$ );  $k$  – каста (реализованные группы видов);  $w_i$  – число видов, образующих касту;  $a_i w_i$  – количество штук-особей в касте;  $W_0$  и  $W_1$  – теоретическое и фактическое значения первой точки;  $\omega$  – относительная частота появления видов по касте. Число видов (типоразмеров) в касте определяется делением  $a_i w_i / a_i$ .

Таблица 15.1

Повторяемость видов ремонтируемых электродвигателей по годам на Новосибирском металлургическом заводе

$k$	$a_i$	1970 г. $S = 326$		1971 г. $S = 275$		1972 г. $S = 413$		1973 г. $S = 374$		1974 г. $S = 423$	
		$a_i w_i$	$\omega_i$	$a_i w_i$	$\omega_i$	$a_i w_i$	$\omega_i$	$a_i w_i$	$\omega_i$	$a_i w_i$	$\omega_i$
1	1	166	0,5090	145	0,5272	247	0,5980	220	0,5882	248	0,5210
2	2	134	0,2055	64	0,1160	144	0,1743	132	0,1768	124	0,1462
3	3	75	0,0766	96	0,1160	96	0,0774	78	0,0695	120	0,0943
4	4	72	0,0552	48	0,0436	80	0,0484	56	0,0374	64	0,0377
5	5	35	0,0214	60	0,0436	45	0,0217	60	0,0321	25	0,0117
6	6	48	0,0245	84	0,0509	36	0,0145	36	0,0160	54	0,0212
7	7	49	0,0214	42	0,0218	35	0,0121	42	0,0160	42	0,0141
8	8	40	0,0153	48	0,0218	8	0,0024	48	0,0160	64	0,0188
9	9	18	0,0061	18	0,0072	54	0,0145	18	0,0053	45	0,0117
10	10	70	0,0214	20	0,0072	20	0,0048	-	-	60	0,0141
11	11	11	0,0030	11	0,0036	11	0,0024	55	0,0134	55	0,0117
12	12	24	0,0061	-	-	-	-	24	0,0053	-	-
Всего		989	1,0000	858	1,0000	1135	1,0000	1015	1,0000	1210	1,0000
$d$		3,03		3,12		2,75		2,71		2,86	
$c$		0,0822		0,0799		0,0931		0,0953		0,0853	
$d_1$		47,18		40,62		58,64		54,04		59,52	
$d_2$		10,36		9,38		12,26		11,77		12,16	
$H$		2,69		2,70		2,64		2,62		2,74	
$e$		0,466		0,482		0,439		0,442		0,454	

Таблица представляет видовое  $H$ -распределение не полностью и содержит (для 1970 г.) только 12 каст, в каждую из которых попали виды (типоразмеры), поступившие в ремонт как конкретные штуки-особи в течение года – в среднем не чаще одного раза в месяц. Для электроремонта это наиболее затратная часть, определяемая ноевой кастой (точнее, по Парето, первым децилем каст: 10 % всех каст; в данном случае – кастами 1 и 2). Собственно ноева каста ( $a_i = i = 1$ ) все пять лет включает больше половины числа видов. Это подтверждает теоретический вывод, что численность видов ноевой касты составляет 40–60 % от общего числа видов (для 1970 г. это 50,9 %; для 1972 г. – 59,8 %). Количество же штук-особей электродвигателей в ноевой касте, которое теоретически должно составлять 5–10 % от их общего числа, оказалось выше (по годам: 11,8; 16,9; 21,8; 21,7; 20,5). С точки зрения практики это означает, что на заводе не задумываются об унификации и несут повышенные затраты на ремонт.

Собственно показатель разнообразия есть характеристика устойчивости, существования и развития любого сообщества (ценоза) любой из реальностей. Не зря биологи, учредив Красную книгу, говорят о тупиковости развития цивилизации вследствие обеднения видового состава планеты.

Для оценки видового разнообразия они используют различные показатели (табл. 15.1), имеющие нюансы, связанные с рассматриваемым объектом:

- 1) повторяемость  $d = U/S$ ;
- 2) показатель доминирования  $C = \sum \left( \frac{U_i}{U} \right)^2$ ;
- 3) показатель видового богатства по Маргалефу  $d_1 = \frac{S-1}{\ln U}$ ;
- 5) показатель общего разнообразия Шеннона  $d_2 = \frac{S}{\sqrt{U}}$ ;
- 6) показатель выровненности Пиелу  $e = \bar{H} / \ln S$ .

Близость численных значений отдельных показателей, особенно совпадение показателя общего разнообразия Шеннона, подтверждает устойчивость формирования техноценоза. При исследовании техноценозов пока используются повторяемость изделий и шенноновский показатель как характеризующий отрицательную энтропию объекта.

Если рассматривать количественный ряд ремонтируемых видов  $S$  для целей прогнозирования, то последующие шесть лет однозначно указали на невозможность, из-за ценологических свойств изучаемого объекта, получить достоверный прогноз: ошибка всегда была больше 10 %. Для биологии важно, уменьшается ли видовое разнообразие. Для техники оно увеличивается, и это однозначно.

Но следует учитывать тонкость, заключающуюся в том, что поступление очередного электродвигателя (штуки) в ремонт повышает вероятность, что такой вид двигателя уже в выборке имеется. Количество особей растёт быстрее количества новых видов (словарь растёт медленнее). Следовательно, количество двигателей-особей по годам суммируется. Например, за 1970 и 1971 годы их всего отремонтировано  $989 + 858 = 1847$  шт., а виды  $(326 + 275)$  не суммируемы, их всегда меньше:

$$U_t + U_{t+1} = \sum U_{i, t+t}; S_t + S_{t+1} > S_{i, t+1}.$$

Существует теоретическое утверждение, что количество элементов-особей ценоза стремится, в пределе, к бесконечности текста. Но и количество видов-слов словаря тоже стремится к бесконечности (хотя, начиная с определённого значения  $S$ , медленнее, если так можно выразиться): пройдите и почитайте вывески, вспомните англицизмы; или, например, пятиугольники в словаре Ожегова есть, а 723-угольника нет.

Табл. 15.1 предназначена для исследования разнообразия, что для менеджмента даёт лишь указание на общую стратегию. Для практических целей важна вторая половина  $H$ -распределения, в которой представлены виды двигателей, особи которых поступали в ремонт в среднем чаще, чем один раз в месяц (табл. 15.2), и из них можно составлять партии. Второй подряд ремонтируемый двигатель снижает трудозатраты на 20–40 %: по-

является навык, не нужно мерить и проверять обмоточные данные, дважды заказывать комплектующие, оформлять документацию и др.

Таблица 15.2

Повторяемость отремонтированных типоразмеров (видов)  
электрических машин

k	1970 г.			1971 г.			1972 г.			1973 г.			1974 г.		
	a <sub>i</sub>	w <sub>i</sub>	Вид	a <sub>i</sub>	w <sub>i</sub>	Вид	a <sub>i</sub>	w <sub>i</sub>	Вид	a <sub>i</sub>	w <sub>i</sub>	Вид	a <sub>i</sub>	w <sub>i</sub>	Вид
12	12	2	16МТВ; 11,5КПДН	13	1	1,4АРФ	14	1	0,6АОЛ	12	2	13АО2; 1,7АОС	13	1	7,4ДМЗД
13	13	2	14АО; 24,2НСКН	14	1	4,5А	15	2	14АО; 1,7АОС	15	1	7АО	14	1	1АО
14	14	4	1,7АО; 5,8ПН; 2,8А; 4,5А	15	1	42П	16	1	7АО	17	1	0,6АОЛ	15	2	4МТВ; ПА22
15	15	1	14АО	16	3	КПД12; 14ТГ; 17АО	19	1	2,8АО	21	3	43АРП; 0,6АРП; ПА22	16	1	ВЦ150
16	20	1	7АО	17	1	0АО	21	1	1АО	26	1	1АО	17	2	1,7АО; 0,6АОЛ
17	23	1	2,8АО	18	1	1АО	23	1	1АРП	33	1	6МД	18	1	2,8АО
18	36	1	1АО	20	1	1,7АО	26	1	0,6АРП	35	1	2,8АО	20	2	0,28КДР; 1,7АОС
19	71	1	4,5АО	23	1	2,8АО	27	1	6МД	57	1	4,5АО	35	1	2АРА
20				54	1	4,5АО	46	1	0,28КДР				44	1	6МД
21							55	1	0,6АРА				65	1	4,5АО
22							62	1	4,5АО						

Анализ структуры ремонтируемых электрических машин с целью оптимизации обменного фонда и организации ремонта партиями позволит получить экономический эффект, определяемый по формулам:

$$\mathcal{E}_u = (1 - H_T) \cdot 100, \%,$$

$$H_T = \frac{T_c}{T_F} = \frac{T_{cp} \sum_{i=1}^k i^{1-\beta} W(i)}{T_{cp} \sum_{i=1}^k i W(i)} = \frac{\sum_{i=1}^k i^{1-\beta} W(i)}{\sum_{i=1}^k i W(i)}, \quad (15.1)$$

где  $T_c$  и  $T_F$  – трудоёмкость ремонта с учётом снижения и без учёта в однородных партиях, человеко-часов;  $i$ ,  $W(i)$  – параметры видовой структуры множества ремонтируемых электрических машин.

Удельная трудоёмкость ремонта электрических машин, инвариантная виду ремонта системы ППР, изменяется по закону гиперболы в зависимости от порядкового номера машины в партии и выражается формулой  $T = T_0/x^\beta$ , где  $T_0$  – величина, соответствующая трудоёмкости ремонта (выполнению отдельных работ) одной (первой) электрической машины, чел.-ч;  $x$  – число единиц в партии (порядковый номер),  $\beta$  – показатель, являющийся характеристикой интенсивности технологического процесса электроремонтных работ.

Физический смысл показателя  $\beta$  заключается в том, что он определяет, насколько снижается трудоёмкость выполнения ремонтных работ при обслуживании второго однородного изделия, третьего и далее (есть предел), и является показателем уровня организации проведения работ, их автома-

тизации и механизации. На интенсивность снижения трудоёмкости работ (крутизну гиперболы, отражаемую показателем  $\beta$ ) при увеличении серийности (размера обслуживаемой партии) влияют материально-технические, организационные, внешние, субъективные факторы. Для электроремонтного производства в металлургии  $\beta = 0,01 \div 0,40$ .

Таким образом, при увеличении размера ремонтируемой однородной партии электрооборудования происходит снижение удельной трудоёмкости выполняемых работ. На зависимость между суммарной трудоёмкостью проводимых ремонтно-эксплуатационных работ и численностью обслуживающего персонала основное внимание оказывает эффект образования различных по величине групп однородного электрооборудования (одного вида), повышающий производительность труда электротехнического персонала. Ожидаемый экономический эффект от анализа структуры ремонтируемых электрических машин при условии оптимизации обменного фонда и организации ремонта партиями составит ориентировочно 12 %.

Поясним полезность введения понятия *каста*, которое появилось после исследований по Новосибирскому заводу. Для 1970 г.  $k = i$  вплоть до  $i = 15$ . Но в другие годы есть различия (пропуски строчек):  $i$  появляются реже, чем сплошная нумерация каст. В 1973 году  $i_{10} = 0$ ; для 1971, 1972 и 1974 годов  $i_{12} = 0$ .

Таблицы дают возможность сделать ряд обобщений, часть из которых представлена табл. 15.3. Во-первых, число саранчовых видов действительно незначительно (менее 5 %), но по количеству штук-особей это 20–30 %. Во-вторых, видовой саранчовый состав не постоянен и меняется год от года, а изменение численности популяции «постоянных» видов прогнозируется лишь по порядку величины (рис. 15.1). Точность становится приемлемой, если сопоставить хвост гиперболы (для 1970 года это касты 12–19) с технологическим графиком профилактики (ремонта) основных технологических агрегатов. Отслеживание динамики поступления каждого вида в ремонт во времени – реальная задача информационного обеспечения, позволяющая (вместе с диагностикой) правильно планировать объёмы ремонта; сейчас же превалирует нормативный метод ППР. Например, газотурбинный привод требует после каждых 750 часов работы замену масла при обслуживании и капитального ремонта на месте установки через 72 000 часов; газотурбинный привод требует установки после 2000 часов и капремонта, выполняемого на заводе через 60 000 часов.

Таблица 15.3  
Повторяемость ремонтируемых электродвигателей

Показатель	1970 г.		1971 г.		1972 г.		1973 г.		1974 г.	
	<i>S</i>	<i>U</i>	<i>S</i>	<i>U</i>	<i>S</i>	<i>U</i>	<i>S</i>	<i>U</i>	<i>S</i>	<i>U</i>
Всего по заводу	326	989	275	858	413	1135	374	1015	423	1210
Саранчовые касты	13	271	11	222	12	344	11	270	13	249
Доля саранчовых каст, %	3,09	27,5	4,0	25,9	2,9	30,8	2,9	26,6	3,1	20,6
$d = U/S$	3,03		3,2		2,75		2,71		2,86	
$d_c = U_c/S_c$	20,8		20,2		28,7		18,2		19,2	
$d_{2-3}$	1,97		2,34		1,49		1,63		1,48	

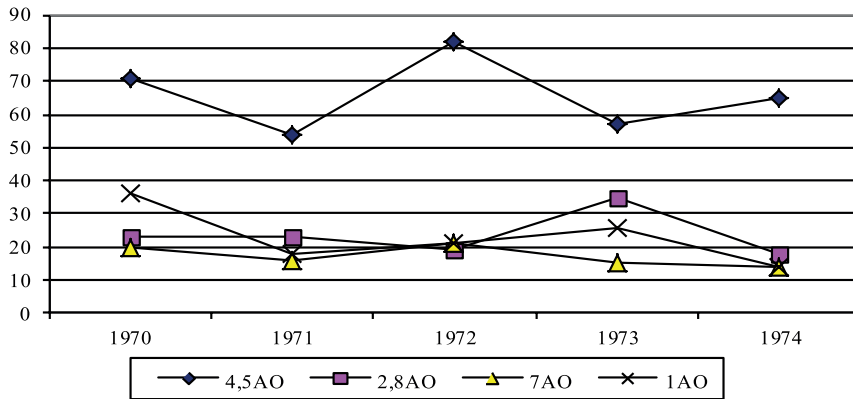


Рис. 15.1. Изменение численности популяций саранчовых каст

Далеко не каждый электродвигатель, трансформатор и др. работает в паспортных условиях с предусмотренными показателями надёжности. Чтобы оценить успешность эксплуатации электрооборудования и организацию электроремонта, используют два показателя: аварийность (в норме для электродвигателей считается 2–5 %, но может достигать до 10–20 % и более); охват капитальным ремонтом, планируемый при проектировании как 7–10 % от общего количества установленных, но достигающий до 20 %.

Такая общая оценка не отвечает на вопрос о качестве работы электроремонтной службы. В частности, увеличение класса изоляции при перемотке может обеспечить более высокую надёжность отремонтированного электродвигателя, чем была заявлена заводом-изготовителем.

Для оценки может быть предложен следующий подход:

- 1) рассчитывают среднюю повторяемость двигателей саранчовой касты  $d_c$  (см. табл. 15.3) и рассматривают возможность её увеличения;
- 2) отслеживают структурно-топологическую динамику каждого вида саранчовой касты во времени (см. рис. 15.1);
- 3) вводят коэффициент видовой надёжности (термины Фуфаева В.В.).

Для расчётов необходимо наличие информационной базы, которая содержит данные по каждому двигателю-особи с видовой его идентификацией. Речь идёт как об установленных двигателях (обслуживание которых числится за главным электриком), так и об отремонтированных. Частное по каждой популяции  $u_{\text{рем}}/u_{\text{уст}}$  есть характеристика всех электродвигателей-штук какого-либо вида с точки зрения условий их эксплуатации без исследования этих условий для каждой конкретной штуки. Строят видовое  $H$ -распределение и фиксируют место вида (точка на кривой). Кривая  $H$ -распределения, построенная для другого временного интервала (месяц-год), меняет положение точки. Если точка движется в сторону саранчи (для  $H$ -распределения ремонтируемого), то качество ремонта неудовлетворительно (впрочем, это может быть вызвано технологическими и социальными причинами). Рассматриваемый вид (численность его популяции) может двигаться по  $H$ -кривой разнонаправленно. Именно это и подлежит анализу для выявления эксплуатационной видовой надёжности.



Практичнее использовать структурно-топологическую динамику для оценки, прогноза и управления параметром, прежде всего электропотреблением, которое для многих предприятий является определяющим (лимитирующим) ресурсом производства. Ценологический подход к моделированию (к прогнозу) заключается в том, что электропотребление отдельного объекта-особи не рассматривается изолированно, а соотносится с другими объектами в рамках ценоза (цеха на предприятии, предприятия одной отрасли или региона, регионы в составе Российской Федерации).

Учитывая, что величина электропотребления непрерывна, исследование следует проводить в ранговой форме: каждому объекту присваивается ранг  $i$  – целое число в порядке убывания исследуемого параметра годового электропотребления особей,  $A_i$ . Ранг 1 приписывают особи с наибольшим электропотреблением  $A_1$ ; особь (предприятие, регион), имеющая минимальное электропотребление, будет иметь ранг, равный общему числу объектов  $i = n$ . Выделение особей-элементов не является однозначно формализуемой операцией: границы особи-предприятия могут быть размыты, как и границы ценоза в целом. Это связано с проблемой фрактальности – неоднократного деления особей-элементов, составляющих ценоз.

Для получения непрерывной функции  $A(x)$  из дискретной  $A$  (где  $x$  – непрерывный аналог целочисленного  $i$ ) применим метод наименьших квадратов. Получим невозрастающую функцию

$$A(x) = A_1 / x^\beta, \quad (15.2)$$

где  $\beta$  – характеристический показатель, определяющий степень крутизны кривой;  $A_1 = A_{\max}$  – константа, в качестве которой принимается электропотребление наиболее крупного потребителя. Чем больше  $\beta$ , тем круче гиперболическая кривая и больше разрыв в электропотреблении между несколькими, скажем, крупными предприятиями и остальной массой предприятий.

Параметры (15.2) зависят от природных, технических, информационных, социальных факторов, определяющих положение ценоза на временной траектории развития и его структуру. Изменение  $A_i$  и  $\beta$  во времени формализуется поверхностью рангового  $H$ -распределения (рис. 15.2), определённой Фуфаевым как динамика первого рода:

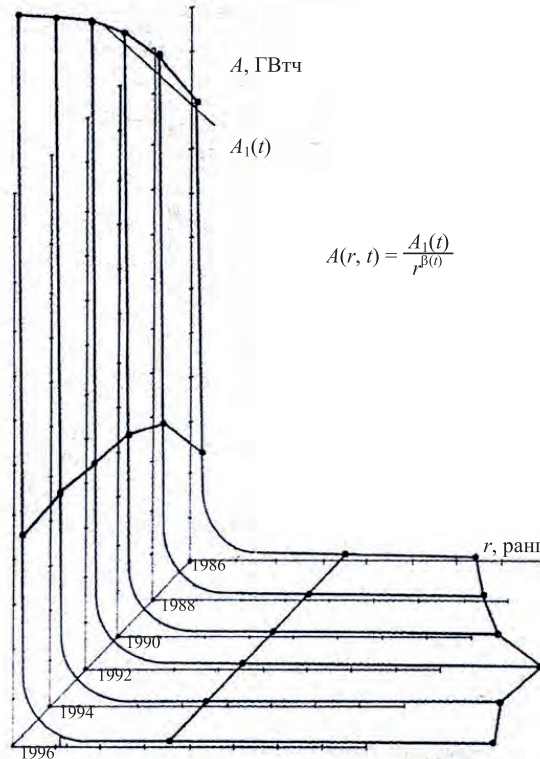
$$A(r, t) = \frac{A_1(t)}{r^{\beta(t)}} = \frac{a_1 + b_1(t)}{r^{\beta_0(1 - e^{-t/T})}}, \quad (15.3)$$

где  $A_1$  – электропотребление объекта, имеющего  $r = 1$ ;  $r$  – ранг объекта;  $\beta$  – характеристический показатель;  $t$  – временной ряд;  $a_1$ ,  $b_1$ ,  $\beta_0$ ,  $T$  – константы аппроксимирующих уравнений.

Смысл прогнозирования заключается фактически в прогнозировании площади (точки) под кривой  $H$ -распределения, скорректированной во времени конфигурацией  $H$ -поверхности. Она, в свою очередь, является верхней границей объёма (во времени) суммарного электропотребления всех

предприятий (верификация прогноза). Ценологический прогноз электропотребления отдельных предприятий по (15.3) основан на допущении о неизменности ранга каждой особи в структуре электропотребления ценоза. Это допущение даёт погрешность 10 % (в лучшем случае 2–5 %), но возможна и бóльшая ошибка, если меняются продукция, собственник, условия конкурентоспособности.

Само  $H$ -распределение задаётся механизмами информационного отбора (ведущего и стабилизирующего), предполагающего постоянные знакопеременные и разнонаправленные изменения рангов. Ранговое  $H$ -распределение во времени является сложной поверхностью, а не ровной с неподвижными видами. Отбор порождает возмущения, вероятность их велика, что выражается негауссовыми формами самих  $H$ -распределений в статике. Исследования конкордации (согласованности развития) подтверждают, что при малой ошибке в конкретном случае теоретически возможен неконтролируемый всплеск ошибки. Для надёжного прогнозирования и верификации прогноза по отдельным предприятиям необходимо использовать структурно-топологическую динамику – синтез  $H$ -распределения путём прогноза траекторий электропотребления предприятий. Прогноз траекторий электропотребления предприятия свободен в выборе параметров прогнозирования.



$$A(r, t) = \frac{A_1(t)}{r^{\beta(t)}}$$

Рис. 15.2. Пример структурно-топологической динамики

Анализ временного ряда  $\beta(t)$  позволяет говорить, является ли выделенная совокупность ценозом, который развивается сбалансированно, предсказуемо, но слабо взаимодействует с другими системами. Ранговый показатель имеет периодическую природу, определяемую долгосрочными и сезонными циклами. Пятилетние, годовые, квартальные, месячные, недельные, суточные и сменные циклы хорошо описываются в рамках динамики траекторий электропотребления отдельных предприятий. Рассмотрение каждого предприятия в рамках структуры ценоза в целом позволяет учесть все циклы. Изменение  $\beta(t)$  в пределах  $1 \leq \beta \leq 2$  характеризует внутренние структурные изменения в электропотреблении ценоза и отражает устойчивость структуры распределения – своеобразную эффективность системы электрического хозяйства каждого предприятия согласно его месту в общей систематизации. Заметная тенденция роста  $\beta$  говорит о быстро увеличивающемся разрыве в объёмах электропотребления несколькими крупнейшими в регионе промышленными предприятиями (гигантомания) и о заметном отставании темпов роста электропотребления основной массы средних и мелких предприятий.

Структурно-топологическая динамика изучает траектории движения рангов электропотребления по ранговой поверхности в функции времени, для исследования взаимосвязи используя упомянутый выше коэффициент конкордации. Тогда за основу статистической меры согласованности принимаются средняя сумма рангов электропотребления одного предприятия и отклонения от неё. Если имеется  $n$  предприятий и  $m$  временных точек (лет), то сумма рангов на один год равна  $n(n+1)/2$  (как сумма  $n$  членов натурального ряда), а общая сумма рангов составит  $mn(n+1)/2$ . Максимальная сумма квадратов отклонений (основа формулы коэффициента согласованности):

$$W = \frac{12 \sum D^2}{m^2 (n^3 - n)}, \quad (15.4)$$

где  $D$  – отклонение суммы рангов предприятия от средней их суммы для всех объектов. Если все ранги предприятий при движении по ранговой поверхности совпадают, то  $W = 1$ ; если полностью не совпадают –  $W = 0$ .

Коэффициент конкордации есть доказательство устойчивости ранговой поверхности в целом и взаимосвязи на системном уровне тенденций развития объектов одного ценоза. Для повышения надёжности прогнозирования необходимо наложение структурного ограничения. Оно представляет собой балансовое уравнение, где суммарная величина электропотребления ценоза, полученная по объектным прогнозам, равна величине, полученной прогнозированием ранговой поверхности. При исследовании траекторий на ранговой поверхности фактически осуществляются анализ (для получения модели) и синтез (для расчёта прогноза) структурно-топологической динамики. Опираясь на динамику первого рода (15.3), учитывая высокий коэффициент конкордации, процедура синтеза структурно-топологической динамики ранговой поверхности такова:

$$A(r, t) = \begin{cases} A_1 = f(t) \\ A_2 = f(t) \\ A_3 = f(t), \end{cases} \quad (15.5)$$

где  $A(r, t)$  – значения точек на ранговой поверхности.

Системная формализация структурного ограничения, накладываемого на траектории (в случае линейной регрессии либо тренда) в фиксированный момент времени, осуществляется балансовым уравнением:

$$\sum_{i=1}^r (a_i + b_i t) = \sum_{i=1}^r \frac{a + bt}{r^{\beta_0(1-e^{-t/T})}}; \quad (15.6)$$

$$\sum_{i=1}^r A_i(t) = \sum_{i=1}^r A(r, t),$$

где левая часть – полная величина электропотребления ценоза, полученная по прогнозным уравнениям отдельных объектов; правая часть – суммарная величина электропотребления ценоза, полученная путём прогнозирования ранговой поверхности. Неравенство означает ошибку в прогнозировании тенденций развития одного или нескольких предприятий. Применение структурно-топологической динамики в качестве критерия надёжности прогнозирования электропотребления по отдельным предприятиям позволяет уточнить на 5–10 % отдельные прогнозные уравнения и избежать грубых ошибок в оценке тенденций развития.

Для расчёта потребности в электроэнергии по региону выделяют три группы предприятий, которые требуют различного подхода в зависимости от их места в ценологической классификации:

- 1) предприятия (как правило, одно) первой касты рангового  $H$ -распределения (регионообразующее предприятие);
- 2) средние предприятия пойнтер-касты (предприятия персонифицированного учёта, свыше 750 кВА);
- 3) мелкие и мини-предприятия виртуальной касты (их, в данном случае, более 1000).

Используя (15.6), произведём поиск параметров траектории одного из предприятий ( $A_k$ ) через параметры других траекторий и параметры рангового распределения в целом:

$$A_k = \sum_{i=1}^r A(r, t) - \sum_{i=1}^r [A_i(t) - A_k(t)]. \quad (15.7)$$

Первая сумма может быть получена:

- 1) моделированием траектории суммарного электропотребления ценоза – более точным, чем прогноз электропотребления отдельного предприятия из-за большей устойчивости площади под кривой;

2) прогнозированием поверхности по динамике первого рода, то есть через модельную поверхность, зная первую точку траектории и ранговый показатель  $\beta$ , продлевая эту поверхность и получая каждую точку распределения.

Вторая сумма – электропотребление всего ценоза без одной (искомой) траектории. Очевидно, что баланс не будет соблюдаться: разница и даст величину электропотребления отдельного предприятия. В предельном случае, не зная параметров траектории конкретного предприятия, не зная его динамики и не учитывая внутренних параметров, можно выполнить прогноз через окружающие предприятия. Ошибка расчёта оценивается автоматически каждый раз при получении прогноза по каждому предприятию.

Оценим жизнеспособность предприятия по электропотреблению. Его траектория, растущая в абсолютном значении, может уменьшаться как доля общего электропотребления. Эта относительная величина – как оценка потенциала, «дарованного» ценозом:

$$A_r^x = A_r / A_x \quad (15.8)$$

где  $A_r$  – электропотребление  $r$ -го предприятия;  $A_x$  – электропотребление ценоза в целом.

По методу скользящей средней относительно ряда (15.8) строится тренд, который имеет какой-то угол по отношению к оси времени (оси  $Z$ ). Угол есть скорость изменения доли электропотребления данного предприятия, макроиндикатор развития технического анализа – индекс жизнеспособности предприятия по электропотреблению:

$$A_r^x f(t) \rightarrow SR_r^x f(t) \rightarrow \theta_r^x, \quad (15.9)$$

где  $SR$  – скользящая средняя ряда порядка  $t$ ;  $\theta$  – индекс жизнеспособности по электропотреблению (угол наклона, град.).

В условиях рынка предприятия борются за выделенный ресурс (цех – в рамках предприятия, а регион – в рамках РФ). Формализация этой борьбы, выраженная в сравнительной оценке индексов, и есть учёт внешних и внутренних факторов, совокупно действующих на процесс электропотребления конкретного предприятия. В этом основной смысл учёта параметров электроснабжения каждого через все. Классифицируем варианты сравнительной оценки индекса:

$\theta_r > \theta_x$  – электроэнергия – лимитирующий ресурс (преимущество внешних влияющих факторов);

$\theta_r = \theta_x$  – гармоническое сочетание внутренних и внешних факторов, их равнозначность;

$\theta_r < \theta_x$  при  $\theta_x > 0$ ;  $\theta_r > 0$  – электроэнергия – не лимитирующий ресурс; предприятие уверенно жизнеспособно (преимущество внутренних факторов);

$\theta_r < \theta_x$  при  $\theta_x > 0$ ;  $\theta_r < 0$  – электроэнергия – не лимитирующий ресурс; предприятие больное, но потенциально жизнеспособное (преимущество внешних факторов);

$\theta_r < \theta_x$  при  $\theta_x < 0$ ;  $\theta_r < 0$  – электроэнергия – не лимитирующий ресурс; предприятие нежизнеспособное (преимущество внутренних факторов).

Ценологически невозможно перечислить и формализовать все действующие факторы – как внутренние (технология, сырьё, оборотные средства), так и внешние (пропускная способность линий и подстанций, инвестиции).

Процедура выбора адекватных моделей прогнозирования электропотребления предприятий предполагает установление:

1) области, внутри которой прогнозные результаты, полученные с помощью различных методов, могут считаться согласованными;

2) соотношения между прогнозными результатами, которое наиболее адекватно отражало бы их связь с наиболее вероятным результатом прогнозирования.

Определим область. Пусть с помощью  $k$  различных методов получены прогнозы, определяемые средними значениями  $Y(1), Y(2), \dots, Y(k)$  и среднеквадратичными отклонениями  $\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_k$ . Прогнозы считаются согласованными, если они принадлежат области, которую можно определить как  $(Y_i \pm S\sigma_i)$ , где  $S$  – некоторое число, определяющее границы области, внутри которой прогнозы можно считать согласованными. Границы определяются для всех прогнозов  $i = 1, 2, \dots, k$  при постоянном  $S$  с выбором минимальной нижней и максимальной верхней границ по всем результатам. Область рассматривается как множество значений прогнозируемой переменной, обладающих наибольшей вероятностью для каждого используемого метода прогнозирования.

Решение второй задачи основывается на негауссовости распределения ошибок прогнозов разными методами, в то время как обычно производится усреднение прогнозных значений результатов различных прогнозов. Для принятия решения необходимо использовать значения электропотребления, полученные структурно-топологическим расчётом,  $Y_{стр}$ , и индекс жизнеспособности предприятий.

Если индекс жизнеспособности указывает на превалирующее значение внешних факторов, то значению  $Y_{стр}$  придаётся большой вес, следовательно выбирают модели, которые используют именно внешние показатели, влияющие на процесс электропотребления; и наоборот – если индекс указывает на превалирующее значение внутренних факторов. Описанная процедура действует при соблюдении правил технического анализа, в частности, необходимо постоянное отслеживание действия тренда.



*Контрольные вопросы*

1. Приведите примеры физического, биологического, технического, информационного и социального ценозов.
2. Находятся ли в пределах инженерной ошибки показатели видового разнообразия согласно табл. 15?
3. Объясните, почему количество ремонтируемых штук-особей по месяцам, годам и другим интервалам времени суммируемы, а виды – не суммируемы (не аддитивны).
4. Поясните физический смысл снижения трудоёмкости ремонта при увеличении размера партии и неизбежном исчерпании этого ресурса.
5. Чем вызваны введение понятия «каста» и несовпадение нумерации каст с нумерацией согласно натуральному ряду чисел?
6. Поясните физический смысл структурно-топологической динамики.
7. Отрадите изменение видовой надёжности отдельного вида эксплуатируемого электрооборудования любой численности на  $H$ -кривой.

## Лекция 16. Понятийное, модельное и математическое обеспечение задач электрики

В связи с реструктуризацией электроэнергетики в электрохозяйстве потребителей появились новые задачи. Всё большее значение приобретает потребитель, как субъект потребления электроэнергии и электротехнической продукции. Это касается любого электрического хозяйства (квартиры, мелкого бизнеса и сферы услуг, крупных промышленных предприятий). Ведь вопросы энергосбережения решает, в конечном счёте, потребитель, и проблемы выхода на оптовый рынок электроэнергии порождают много новых понятий, необходимость применения новых описаний математического и модельного аппаратов, которыми должны владеть специалисты отделов главного энергетика и инженерно-технический состав предприятия в целом.

Пока ещё не сформировался полностью понятийный аппарат электрики (по А.А. Фёдорову – внутриводского электроснабжения), не сформированы математический и модельный аппараты, адекватные современному электрохозяйству.

Очевидны этапы развития, например электротехники и электроэнергетики, когда сначала возникал объект исследования, а затем решались теоретические вопросы, оформлялась система понятий. В XIX веке для электротехники была создана теория, завершившаяся уравнениями Максвелла и разработкой в 1881 году системы понятий.

Для электроэнергетики, объект и основные понятия которой созданы в начале XX века, к 50-м годам XX века был разработан математический аппарат.

Аналогичная цель стоит перед электрикой как наукой и областью деятельности, а это требует формулировок ряда задач для области исследования электрики.

1. Формализованное описание объекта исследования, учитывающее рост количества установленного оборудования и новые технологии, усложнение схем электроснабжения электрики, отказ от системы планово-предупредительного ремонта.

2. Физическое, модельное и понятийно-терминологическое выделение объекта, определяемое реструктуризацией электроэнергетики и конкурентными требованиями рынка.

3. Разработка системы понятий и терминов, пакета математических моделей, алгоритмов, программ (опирающихся на классическую теорию вероятностей), которые определяют параметры электрической энергии (мощности) и позволяют эффективно управлять электропотреблением, оптимизируя затраты на функционирование.

4. Классификация и адаптация математического аппарата бесконечно делимых  $H$ -распределений для повышения точности расчёта и оценки результатов, получаемых существующими программно-математическими методами.

5. Выделение и классификация источников информации, используемых

потребителями при проектировании, создании, функционировании, модернизации, утилизации и ликвидации объектов электрики, с целью разработки базовой терминологии для бакалавров, инженеров, магистров, обучающихся по специальности 140610, и научных работников, специализирующихся по 05.09.03.

6. Адаптация вероятно-статистических и ценологических моделей при внедрении разработанной системы информационного и программно-математического обеспечения для определения параметров электропотребления на различные временные интервалы и для повышения эффективности электроремонта.

Решение этих задач особенно актуально для электрохозяйств крупных промышленных предприятий, так как их в первую очередь касаются процессы реформирования электроэнергетики и для них электроснабжение становится самостоятельной сферой бизнеса.

Предприятия вынуждены создавать собственные энергосбытовые компании, которые обеспечивают их выход на оптовый рынок электроэнергии. Таких компаний в России уже десятки, они распределяют объёмы электроэнергии, превышающие объёмы некоторых бывших АО-энерго. Схемы таких объектов представимы целиком только на уровне напряжения 110–220 (330) кВ; элементами объектов являются предприятия, схемы которых также можно изобразить до напряжения 110–220 кВ, а их элементами – районы электроснабжения предприятий (производства), представимые главными понизительными (опорными) подстанциями до уровня напряжения 10(6) кВ. Такую систему электроэнергетика рассматривает как *узел нагрузки*, аналогично тому, как в электроснабжении рассматривается *электроприёмник*.

Невозможность представить потребителя совокупностью приёмников была замечена в 1937 году Либерманом; подход к описанию потребителя развивал проф. Фёдоров А.А.

Сейчас пришли к шестиуровневой схеме, которая даёт общее системное представление об объекте, объективно выделяет все виды потребителей (от мини- до крупного потребителя), отражает специфику задач и квалификацию электриков по уровням, выделяет особо шестой уровень (6УР) как границу раздела с энергосистемой, имеющуюся у потребителей всех видов. Данное описание даёт возможность сказать, что такое объект электрики, чем он отличается от объектов, например, электропривода, электротермии, электротехники – отдельного привода, отдельной электрической печи, отдельной электрической машины. Электрика изучает объект, который представляет собой *сообщество* электротехнических изделий и не может быть описан жёсткими моделями, требуя применения статистических методов.

В 40-х годах XX века были запрещены статистические методы, а удельные нормы расхода электроэнергии, например, требовалось определять только расчётным путём, спускаясь к физике явлений и процессов. Этот путь оказался тупиковым из-за бесконечности возможных сочетаний состояния оборудования, сырья, материалов, видов продукции, действия внешних факторов. Статистические методы с неизбежностью вошли в

инженерные расчёты, и уже к 60-м годам вышла инструкция Тяжпромэлектропроекта о расчёте электрических нагрузок, которая основывалась на вероятностных представлениях, математическом ожидании и конечной дисперсии. Именно в этот момент сложилась система понятий и терминов: *коэффициент использования, спроса, максимума, эффективное число приёмников в группе, расчётный и заявленный максимумы нагрузки* и др. Множество задач встало перед электриками промышленности (в том числе в области организации электроремонта), которые описывались классической статистикой, опиравшейся на закон больших чисел и центральную предельную теорему.

Однако возникли задачи и другого типа. Оказалось, что если мы рассматриваем, например, удельные расходы по 45 видам продукции чёрной металлургии по всей генеральной совокупности заводов или исследуем разнообразие установленных и ремонтируемых двигателей по металлургическому, химическому, машиностроительному заводам, то для этих случаев классическая статистика неприменима и необходимо использование представлений Хинчина, Гнеденко, Колмогорова о широком классе бесконечно делимых распределений. В видовой форме они используются для исследования в статике и динамике видового разнообразия электрооборудования; в ранговой форме – для исследования непрерывных величин (распределения электропотребления по цехам завода, заводам отрасли, отраслям экономики; удельных расходов по видам продукции).

Применение математики, основанной на классической статистике и статистике N-распределений, новых математических моделей актуализировалось, когда появилась необходимость выхода потребителя на оптовый рынок электроэнергии. Возникли новые понятия и термины: Федеральный закон «Об электроэнергетике», правила оптового и розничных рынков предложили их более 200 (потребителя касается треть). Потребителю в юридически-правовом, технико-экономическом и оперативно-диспетчерском аспектах потребовалось взаимодействовать с новыми субъектами электроэнергетики, а также создавать математический аппарат и модели для оперативного управления электропотреблением (на интервале, измеряемом минутами), для часовых и суточных заявок, для планирования электропотребления по неделям, месяцам, кварталам, для прогнозирования на год вперёд и стратегических прогнозов с упреждением до пяти лет.

Нами создана система моделей для крупного потребителя, реализующая все виды управления, планирования, прогнозирования электропотребления. При этом на разных временных интервалах применяются различные совокупности моделей: временных рядов, причинные (учитывающие зависимость электропотребления от технологических параметров) и ценологические, основанные на структурной устойчивости объектов ценологического типа.

Система моделей обеспечивает:

- годовой прогноз на основе причинных моделей, использующих объёмы выпуска видов продукции, выделяемых исключением из моделей видов со статистически незначимыми коэффициентами (на разных предприятиях точность прогноза в пределах 2 %);

- месячное планирование электропотребления по регрессионным моделям с выделением значимых видов продукции совместным анализом корреляционных матриц объёмов продукции и расходов электроэнергии по видам; планирование месячного электропотребления для энергоснабжающих организаций потребителей (энергосбытовых компаний) на основе моделей структурной устойчивости электропотребления методом рангового анализа (электропотребление первой точки и ранговый коэффициент на перспективу определяются автокорреляционными функциями)\*;
- планирование суточного электропотребления по модели нейронной сети с прямой передачей сигнала, входными параметрами которой являются: суточное электропотребление, утренний и вечерний максимумы нагрузки за предыдущие сутки;
- заявки электропотребления на сутки по часам при работе на оптовом рынке с использованием выделяемых кластерным анализом характерных суточных графиков нагрузки с разбиением по дням недели;
- модель оперативного управления электропотреблением внутри часа, основанная на: анализе 5-минутных мощностей за 45 минут текущего часа; определении графика-аналога из предыстории (три месяца); оценке электропотребления на оставшиеся 15 минут и выдаче рекомендаций по его регулированию с использованием крупных технологических агрегатов.

При нормировании учитываются ценологический разброс фактических удельных расходов электроэнергии на 1-2 порядка и невозможность пользования средними значениями. Для решения этой проблемы мы используем методы автоматической группировки данных по критерию минимума дисперсии исследуемого параметра внутри групп (это различные методы кластерного анализа). Предложена система определения общепроизводственных норм расхода электроэнергии на выделенную смену (сутки) в увязке с конкретным технологическим состоянием производства, позволяющая охватить нормированием не только периоды нормальной работы, но и периоды пуска, переналадки производства, которые составляют значимую долю в общем времени работы.

Для энергоёмких агрегатов предлагаются методы определения переменной (скользящей) нормы удельного расхода, зависящей от технологических параметров (например, плавки в ДСП).

В электрохозяйстве существует ещё одна ключевая задача менеджмента, который занимается не только заявками электропотребления и мощности, но и организацией эксплуатации оборудования – в частности, электроремонта. Разработанная ещё в СССР система планово-предупредительного ремонта в настоящее время, при наличии на заводе десятков и сотен тысяч электрических машин, не может быть реализована; кроме того, электрохозяйства претерпевают организационные изменения, приводящие, в конечном счёте, к сокращению штата ремонтного персонала. Предприятия

---

\* Проверка на объекте, включающем 1,5 тыс. потребителей, даёт ошибку месячного потребления немногим более 1 %.

вынуждены переходить на выделение самостоятельных ремонтных подразделений, расширение фирменного обслуживания, отказываться от ремонта до 80–90 % оборудования. Выход из создавшейся ситуации – новый подход, основанный на ценологическом представлении об организации электроремонта, управлении видовой структурой установленного и ремонтируемого.

На основе анализа видовой структуры и прогнозирования параметров видовых и ранговидовых распределений разработаны методы планирования электроремонта. Для региональных ремонтных предприятий прогнозируют квартальный ремонтный поток по типоразмерам для массовых и серийных электродвигателей. Для уникальных двигателей типоразмеры, естественно, не прогнозируемы, но оцениваются их общее количество и ожидаемая трудоёмкость ремонта.

Для решения перечисленных задач, применения предложенных методов и методик на предприятиях внедряется информационно-справочная система, включающая *текстовую* (справочные данные, нормативные документы, понятийный аппарат), *числовую* (сведения по общим и удельным расходам электроэнергии, объёмам выпуска продукции за требуемые модельными временными интервалами), *графическую* (схемы по уровням системы электроснабжения, схемы учёта электроэнергии и др.) базы данных, в комплексе с программными модулями, реализующими перечисленные методики.

Сформулированные задачи и решённые на практике проблемы потребовали упорядочения терминологии специальности 140610, занимающейся всеми аспектами электропотребления от БУР до отдельного приёмника. Необходимо выделить понятийный и терминологический аппараты электрики из аппарата электроэнергетики, электропривода, электротехнологии (электротермии).

Создан программный комплекс, анализирующий тексты и выделяющий термины и терминологические словосочетания, касающиеся понятий электрики. Разделение областей терминологии проводили с использованием аппарата *H*-распределения, позволяющего выделить уникальные, часто встречающиеся и массовые термины и понятия. Подтверждено, что массовые термины – это термины электротехники (ток, напряжение, мощность и др.). Наша же терминология находится в районе поинтер-точки  $\mathcal{R}$  и в области уникальных терминов кривой *H*-распределения (цеховая электрическая сеть, главный электрик, ранговый анализ). Получение видовых и ранговых распределений терминов позволило методом анализа ранговой корреляции выделить тексты, коррелированные по терминологическому составу между собой и с суммарным текстом, очертив круг литературы, наиболее полно отражающей задачи электрики. Сопоставление частотных словарей и определение усреднённых рангов терминов по всем текстам позволили выделить базовую терминологию.

Граничную со смежными областями терминологию брали из соответствующих ГОСТов. Анализ ГОСТов и сравнение их с терминологией, выделенной из текстов электрики, показали, что, например, из ГОСТов по электротехнике (содержит 275 терминов) мы используем только 60 %, ак-



тивно употребляем ещё меньше. Термины из учебников и ГОСТов по электроприводу (составлены под руководством проф. Н.Ф. Ильинского) используют лишь на 17 %.

Электрика широко использует термины: *электропривод; электропривод постоянного и переменного тока; реверсивный и нереверсивный, групповой, индивидуальный электропривод*, но такое понятие как, например, *статический (или динамический) перепад координаты электропривода* в наших текстах не встречается. В наибольшей степени электрика использует терминологию ГОСТов на кабельные изделия, электрические аппараты, т. е. на те элементы, которые применяются в электрохозяйстве как готовые изделия.

Терминологическое отделение области электрики от смежных областей позволило выделить ядро словаря электрики. Это термины, группирующиеся вокруг точки  $\mathcal{R}$  (пойнтер-точки) видового распределения. После выделения словника электрики сформулированы определения терминов, для чего выполнен контекстный анализ вхождения терминов в суммарный текст.

Словарь электрики постоянно пополняется в связи с развитием рыночных отношений в экономике, реформированием электроэнергетики. В частности, решается задача терминологического обеспечения процесса проектирования, которая актуализировалась с выходом постановления Правительства Российской Федерации от 16.02.2008 г. № 87 «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию».

Резко возросло количество терминов и понятий в сфере юридическо-правовых взаимоотношений потребителей с субъектами электроэнергетики. В частности, Федеральный закон «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в связи с осуществлением мер по реформированию единой энергетической системы России» (принят Государственной Думой 18 октября 2007 г.) внёс в Федеральный закон «Об электроэнергетике» ряд изменений, в том числе и в определения основных понятий. Выделим наиболее важные для специалистов, эксплуатирующих электрохозяйства.

**Субъекты электроэнергетики** – лица, осуществляющие деятельность в сфере электроэнергетики, в том числе производство электрической, тепловой энергии и мощности, приобретение и продажу электрической энергии и мощности, энергоснабжение потребителей, оказание услуг по передаче электрической энергии, оперативно-диспетчерскому управлению в электроэнергетике; сбыт электрической энергии (мощности), организацию купли-продажи электрической энергии и мощности.

**Потребители электрической и тепловой энергии** – лица, приобретающие электрическую и тепловую энергию для собственных бытовых и (или) производственных нужд.

**Потребители мощности** – лица, приобретающие мощность, в том числе для собственных бытовых и (или) производственных нужд и (или) для последующей продажи; лица, реализующие электрическую энергию на розничных рынках; лица, реализующие электрическую энергию на территориях, на которых располагаются электроэнергетические системы иностранных государств.

**Оптовый рынок электрической энергии и мощности (оптовый рынок)** – сфера обращения особых товаров – электрической энергии и мощности – в рамках Единой энергетической системы России в границах единого экономического пространства Российской Федерации с участием крупных производителей и крупных покупателей электрической энергии и мощности, а также иных лиц, получивших статус субъекта оптового рынка и действующих на основе правил оптового рынка, утверждаемых в соответствии с настоящим Федеральным законом Правительством Российской Федерации. Критерии отнесения производителей и покупателей электрической энергии к категории крупных производителей и крупных покупателей устанавливаются Правительством Российской Федерации.

**Субъекты оптового рынка** – юридические лица, получившие в установленном настоящим Федеральным законом порядке право участвовать в отношениях, связанных с обращением электрической энергии и (или) мощности на оптовом рынке, в соответствии с утверждаемыми Правительством Российской Федерации правилами оптового рынка.

**Розничные рынки электрической энергии (розничные рынки)** – сфера обращения электрической энергии вне оптового рынка с участием потребителей электрической энергии.

**Объекты электросетевого хозяйства** – линии электропередачи, трансформаторные и иные подстанции, распределительные пункты и иное предназначенное для обеспечения электрических связей и осуществления передачи электрической энергии оборудование.

**Услуги по передаче электрической энергии** – комплекс организационно и технологически связанных действий, в том числе по оперативно-технологическому управлению, обеспечивающих передачу электрической энергии через технические устройства электрических сетей в соответствии с требованиями технических регламентов.

**Услуги по оперативно-диспетчерскому управлению в электроэнергетике** – оперативно-диспетчерское управление, осуществляемое в целях обеспечения надёжного энергоснабжения и качества электрической энергии, соответствующих требованиям технических регламентов и иным обязательным требованиям.

**Энергосбытовые организации** – организации, осуществляющие в качестве основного вида деятельности продажу другим лицам произведённой или приобретённой электрической энергии.

**Двусторонний договор купли-продажи электрической энергии** – соглашение, в соответствии с которым поставщик обязуется поставить покупателю электрическую энергию в определённом количестве и определённого требованиями соответствующих технических регламентов и иными обязательными требованиями качества, а покупатель обязуется принять и оплатить электрическую энергию на условиях заключённого в соответствии с правилами оптового рынка и основными положениями функционирования розничных рынков договора.

**Коммерческий учёт электрической энергии (мощности)** – процесс измерения количества электрической энергии и определения объёма мощности, сбора, хранения, обработки, передачи результатов этих измерений

и формирования, в том числе расчётным путём, данных о количестве произведённой и потреблённой электрической энергии (мощности) для целей взаиморасчётов за поставленную электрическую энергию и мощность, а также за связанные с указанными поставками услуги.

**Зона оптового рынка (ценовая зона оптового рынка)** – территория, которая определяется Правительством Российской Федерации и в границах которой происходит формирование равновесной цены оптового рынка в порядке, предусмотренном настоящим Федеральным законом и правилами оптового рынка.

**Гарантирующий поставщик электрической энергии (Гарантирующий поставщик)** – коммерческая организация, обязанная, в соответствии с Федеральным законом или добровольно принятыми обязательствами, заключить договор купли-продажи электрической энергии с любым обратившимся к ней потребителем электрической энергии либо с лицом, действующим от имени и в интересах потребителя электрической энергии и желающим приобрести электрическую энергию.

**Всерное отключение** – обусловленное технологическими причинами ограничение (полное или частичное) режима потребления электрической энергии, в том числе его уровня, по причинам, не связанным с исполнением потребителем электрической энергии своих договорных обязательств или техническим состоянием его энергопринимающих устройств и (или) энергетических установок (энергопринимающие устройства).

**Территориальная сетевая организация** – коммерческая организация, оказывающая услуги по передаче электрической энергии с использованием объектов электросетевого хозяйства, не относящихся к единой национальной (общероссийской) электрической сети.

**Возобновляемые источники энергии** – энергия солнца, энергия ветра, энергия вод (в том числе энергия сточных вод), за исключением случаев использования такой энергии на гидроаккумулирующих электроэнергетических станциях, энергия приливов, энергия волн водных объектов, в том числе водоёмов, рек, морей, океанов, геотермальная энергия с использованием природных подземных теплоносителей, низкопотенциальная тепловая энергия земли, воздуха, воды с использованием специальных теплоносителей, биомасса, включающая в себя специально выращенные для получения энергии растения, в том числе деревья, а также отходы производства и потребления, за исключением отходов, полученных в процессе использования углеводородного сырья и топлива, биогаз, газ, выделяемый отходами производства и потребления на свалках таких отходов, газ, образующийся на угольных разработках.

Важным вопросом юридически-правовых отношений является технологическое присоединение (ТП) электроустановок потребителей к сетям субъектов электроэнергетики. В 2008 году разработан и утверждён стандарт ОАО РАО «ЕЭС России» «Порядок раскрытия информации о технологическом присоединении энергетических установок и иной информации, связанной с реализацией мероприятий по технологическому присоединению энергетических установок». Стандарт уточняет ряд терминов и вводит новые, которые касаются потребителей, осуществляющих деятельность по

производству электрической энергии (преимущественно для удовлетворения собственных производственных нужд), а также подавших заявку на технологическое присоединение к электрическим сетям энергетических установок или находящихся в процессе принятия решения о строительстве новых или реконструкции существующих энергетических установок.

Перечислим основные термины для потребителей.

**Заявитель** – физическое или юридическое лицо, подавшее заявку на осуществление мероприятий по ТП энергетической установки, принадлежащей ему на праве собственности или ином законном основании, к электрической сети, либо лицо, действующее по поручению и в интересах законного владельца данной установки.

**Заинтересованное лицо** – юридическое лицо, имеющее намерение (или планирующее) осуществить строительство новых энергетических установок или реконструкцию (модернизацию) существующих энергетических установок с увеличением их присоединённой мощности или с изменением технических параметров указанных установок, влекущее изменение их схем выдачи мощности; Заявитель, системный оператор и любая другая организация, имеющая интерес в ознакомлении с раскрываемой в соответствии с Стандартом «Порядок раскрытия информации о технологическом присоединении энергетических установок и иной информации, связанной с реализацией мероприятий по технологическому присоединению энергетических установок» информацией.

**Заявляемая мощность** – указанная в заявке Заявителя максимальная установленная мощность энергетической установки, исчисляемая в мегаваттах.

**Паспорт готовности энергетических установок к ТП к электрическим сетям (паспорт готовности)** – единая учётная форма регистрации и предоставления информации о процессе технологического присоединения всех энергетических установок к электрическим сетям, в отношении которых Заявители, зарегистрированные в качестве Пользователей информации, заключили с соответствующей сетевой организацией договоры об их технологическом присоединении.

**Проектная документация** – документация, содержащая материалы в текстовой форме и в виде карт (схем) и определяющая архитектурные, функционально-технологические, конструктивные и инженерно-технические решения для обеспечения строительства, реконструкции объектов капитального строительства, их частей, капитального ремонта, если при его проведении затрагиваются конструктивные и другие характеристики надёжности и безопасности объектов капитального строительства.

**Протокол готовности технологического присоединения (Протокол готовности)** – протокол, заключаемый на добровольной основе между Заявителем и сетевой организацией и фиксирующий условия, выполнение которых признано целесообразным для подготовки, заключения и исполнения договора об осуществлении ТП указанной в заявке Заявителя энергетической установки к электрическим сетям сетевой организации.

**Сетевая организация (сетевая компания)** – организация, владеющая на праве собственности или на ином законном основании объектами электростанций, объектами электросетевого хозяйства, объектами

тросетевого хозяйства, с использованием которых такая организация оказывает услуги по передаче электрической энергии, и осуществляющая в установленном порядке технологическое присоединение энергопринимающих устройств (энергетических установок) юридических и физических лиц к электрическим сетям.

**Технические условия на ТП указанной в заявке Заявителя энергетической установки к электрическим сетям (ТУ)** – документ, определяющий объём технических мероприятий, выполнение которых обеспечит ТП указанной в заявке Заявителя энергетической установки к электрическим сетям сетевой организации, получившей данную заявку.

**ТП энергетической установки Заявителя к электрическим сетям** – комплексная услуга, обеспечивающая фактическое присоединение указанной в заявке Заявителя энергетической установки к электрическим сетям.

**Точка (точки) присоединения** – место (места) физического соединения указанной в заявке Заявителя энергетической установки с электрическими сетями.

**Энергетическая установка** – комплекс взаимосвязанного оборудования и сооружений, предназначенный для производства или преобразования, передачи, накопления, распределения энергии.

Подчеркнём, что к настоящему времени разработано понятийное, модельное, математическое и программное обеспечение задач электрики при проектировании, эксплуатации и управлении электрохозяйством.

### *Контрольные вопросы*

1. Поясните необходимость применения нового понятийного, математического и терминологического обеспечения электрики.
2. Какие методы прогнозирования электропотребления используются на различных временных интервалах?
3. Обоснуйте место терминологии электрики в ряду других электрических наук.
4. Приведите характерные примеры терминологии из электрики и смежных областей знаний, используемых электрикой.
5. Какой метод положен в основу выделения основных терминов электрики?

## Лекция 17. Постнеклассическое видение проблем электрического хозяйства предприятий, организаций и учреждений

Смутные 90-е годы XX века покончили с эпохой индустриализации, с «буднями великих строек, в весёлом грохоте огня и стали», со «страной мечтателей». Перед Российской Федерацией XXI века поставлены проблемы, связанные с глобализацией экономики, с необходимостью инновационного развития, с изменением принципов инвестиционного проектирования и строительства, с неизбежностью овладения новыми наукоёмкими технологиями и материалами нанотехнологий. Это диктует разработку долгосрочных планов развития для обеспечения безопасности страны – с обязательностью включения в эти планы Энергетической стратегии до 2020, 2030 и 2050 годов.

Несомненно, что технический мир (а также информационный и социальный) в пределах жизни одного поколения изменился кардинально (достаточно назвать мобильник). Каждое такое изменение, всё ускоряющееся, меняет мировоззрение: лошадь, хомут, повозка; паровая машина и ткацкий станок; автомобиль и самолёт; электродвигатель и трансформатор; телевизор и компьютер.

Менеджмент в его классическом виде (термин связывают с докладом Г. Тауна 1886 г. «Инженер в роли экономиста») от Г. Эмерсона, А. Файоля, Ф. Тейлора, Г. Форда опирался на теорию мотивации и исходил из возможности формализации структуры полномочий, ответственности, учётно-отчётной документации, информационных потоков. В основе идеологии менеджмента лежала первая научная картина мира: всё можно строго и однозначно рассчитать, два объекта (действия) – сравнить, «пометить» во времени и представить в трёхмерном пространстве.

Революция качества 1950–1990 годов, характеризующая развитость страны, её вписанность (вложенность) в мировую экономику, формализована системой стандартов ИСО 9001–2000. Ставилась цель достижения неизменно высокого качества за счёт наименьших затрат, оптимизации соотношения «цена–качество» за счёт применения статистических и поведенческих технологий. И здесь был переоткрыт принцип Парето (1897 г.), признан закон Ципфа (1949 г.).

Принцип Парето доказательно утверждает, что 10 % богатых в любой стране (первый дециль от общей численности населения) должны иметь суммарные доходы в 10 раз больше суммарных доходов 10 % беднейшего населения (последний дециль); большее расслоение ведёт к неустойчивости общества.

Принцип Ципфа, опираясь на принцип наименьшего усилия Маха–Авенариуса, заключается в том, что ресурсы (люди, товары, время, знания) «самоорганизуются так, чтобы свести к минимуму затраченную работу, и, таким образом, приблизительно 20–30 % любого ресурса производят 70–80 % деятельности, связанной с этим ресурсом» (упрощённо говоря: 20 % мужиков выпивают 80 % пива).



Экономический подъём в Японии после войны в определённой степени связан с тем же принципом 80/20. В 1953 году И. Юран, идеи которого в США не были восприняты, использовал этот принцип, чтобы «искоренить выпуск бракованной продукции, повысить надёжность и полезность промышленных и потребительских товаров. Когда после 1970 года японская угроза американской промышленности стала совершенно очевидной, Запад стал воспринимать Юрана всерьёз, и тот вернулся в США, чтобы сделать там то, что он сделал в Японии». Одной из первых восприняла принцип компания IBM (принцип лёг в основу программы RISK HP); «Apple», «Lotus», «Microsoft» также использовали его, делая машины более простыми и дешёвыми.

Возвращаясь к электричеству, сформулируем две цели:

1) показать объективность рассматриваемого явления, которое выходит за рамки представлений;

2) выявить практические задачи, подлежащие решению при проектировании, строительстве, эксплуатации и модернизации объектов электрического хозяйства (электрики) в условиях окончания реструктуризации электроэнергетики, ужесточения требований к безошибочности стратегии обеспечения электроэнергией и снижения эксплуатационно-ремонтных затрат.

Напомним, что для технической реальности впервые в мире на примере электрического хозяйства металлургических заводов Сибири и Украины применительно к электропотреблению и электроремонту в 1967–1971 годах Кудриным Б.И. обнаружено явление устойчивости структуры норм расхода электро-энергии и структуры ремонтируемого (установленного) электрооборудования. Структура по соотношениям «редкое–массовое», «крупное–мелкое» соответствовала принципу Парето–Ципфа и была описана гиперболическим *H*-распределением. Оно восходит к бесконечно делимым негауссовым распределениям, которые теоретически могут не иметь математического ожидания, а дисперсия их бесконечна (для них не действуют закон больших чисел и центральная предельная теорема).

С приоритетом 1976 года мною же был сформулирован закон информационного отбора, включающий дарвиновские представления естественного отбора и объясняющий *H*-устойчивость структуры. Полная формула открытия закона следующая. Теоретически установлено и экспериментально подтверждено явление инвариантности структуры множества технических изделий (техники, технологии, материалов, потребительских продуктов, техногенных экологических воздействий, конструируемых согласно аксиоматике вариационных принципов механики и изготавливаемых с ограничениями по критериям нормального распределения), определяемой происхождением, функционированием и эволюцией технических видов путём поэлементного информационного отбора штук-особей или параметра неделимого объекта (закон информационного отбора), которые объединяются в сообщества (*cenosis*) без математического ожидания и конечной дисперсии нормального закона, идентифицируемые как цех, предприятие, отрасль или квартира, поселение, регион так, что существует устойчивое повторяемое предсказуемое видовое гиперболическое негауссово *H*-рас-

пределение, диктующее критерий разнообразия (уникального «нового» – 40–60 % видов, 5–10 % штук-особей; массового «саранчового» – 40–60 % штук-особей, охватывающих 5–10 % видов) и моделируемое относительно особой пойнтер-точки  $\mathcal{R}$  распределением простых сомножителей, задаваемым числом видов факториала натурального числа, и что существует соотношение «крупное–мелкое» по определяющему сообщество-техноценоз параметру такому, что характеристический показатель, задающий кривизну гиперболы, находится в строго определённом интервале бесконечно делимых распределений.

Закон возвращает нас к связке: а) разработка и изготовление электротехнических изделий; б) генерирование, передача, распределение электрической энергии субъектами электроэнергетики; в) заказ потребителя, поставка, установка, эксплуатация оборудования и приобретение электрической энергии на основе заявки на технологическое присоединение, договорное приобретение согласованного объёма электроэнергии и мощности.

Столкнувшись с необходимостью управлять созданием, функционированием и развитием электрического хозяйства, ожидая революцию на мировом рынке энергобизнеса, заключающуюся в безусловном приоритете интересов потребителя, практически важен вопрос: что всё это означает теоретически, что нового должно появиться в нашем знании, к чему мы должны адаптироваться?

*Век электротехники* опирался на классические представления XIX века: телá (поля) и движение можно представить в идеальном виде, существуют жёсткие причинные связи и следствия. Математический аппарат – дифференциальное и интегральное исчисления. При заданных исходных данных решение однозначно и неотлично от другого с теми же исходными данными. Существуют обратимость и независимость решения от времени производимых вычислений.

Завершённость электротехники определилась принятием Первым Международным конгрессом электриков (1881 г.) электромагнитной системы единиц; определением таких единиц, как вольт, ампер, ом, кулон; Вторым (1889 г.) – переменного тока, джоуля, ватта; Третьим (1891 г.) – многофазных систем; Четвёртым (1893 г.) – эталонов измерений и символов; созданием Международной электротехнической комиссии – МЭК (1904 г.).

*Век электроэнергетики* – век двадцатый – начал иметь дело с процессами и системами (классические представления первой научной картины мира имеют соподчинённое значение). Господствующее мировоззрение – системно-кибернетические взгляды, реализуемые теорией больших или сложных систем, системным анализом, системотехникой, теорией надёжности и массового обслуживания. Всё это основывалось на теории вероятностей и математической статистике, которые предполагали действие закона больших чисел и центральной предельной теоремы. Решение любой задачи определялось параметрами распределения, так что с заданной вероятностью находился некоторый интервал, в котором и существовало решение. Всё это восходит к открытиям в физике в 1800–1830 годах, поискам технических решений в 1830–1870 годах.

Для нашей страны электроэнергетика традиционно связывается с пла-

ном ГОЭЛРО (1920 г.). Собственно сам план, предусматривающий сооружение 30 электростанций общей мощностью 1750 МВт с годовой выработкой 8,8 млрд кВт•ч, был в основном выполнен к 1931 году. План ГОЭЛРО – курс на централизацию и гигантизм в ущерб индивидуальному и мелкому – получил логическое завершение созданием Единой энергетической системы. До конца века продержалась концепция плана:

- строительство социалистического хозяйства идёт по единому государственному плану;
- индустриализация опирается на опережающее развитие тяжёлой промышленности, производство средств производства опережает производство средств потребления;
- производство концентрируется, сооружение промышленных комбинатов осуществляется на базе энергетических центров;
- промышленность географически перемещается, а строительство городов (городских районов) осуществляется на базе градообразующих предприятий;
- электрификация развивается, опережая валовый продукт при концентрации мощностей и централизации электроснабжения.

Концепция перестала соответствовать реалиям уже в 70-е – 80-е годы и сделала неизбежной реформу электроэнергетики. Новая энергетическая политика (А. Чубайс, 2005 г.), поддерживаемая нами, замкнута на электроэнергетику. Но как-то забывается, что новый век ориентируется также и на рациональное энергосберегающее потребление электрической энергии, на широкое использование вторичной и возобновляемой генерирующей мощности. Своевременно говорить о веке, где определяющими станут интересы потребителя продукции и энергии.

*Век электрики* будет иметь дело со структурами ценозов и отбором (для техноценозов – информационным). В этом случае электрическое хозяйство есть слабо связанное и слабо взаимодействующее практически бесконечное (счётное) множество изделий (целостность), конвенционно выделяемых как сообщество (ценоз), адекватно не описываемое системой показателей, тождественно не равное другому при совпадении показателей, необратимо развивающееся (эволюционирующее). Математический аппарат – гиперболические *H*-распределения в видовой, ранговидовой и ранговой по параметру формах, которые не дают решения в точке из-за теоретического отсутствия математического ожидания (среднего). Однако оперирование с распределением в целом позволяет решать практические задачи определения параметров электропотребления, нормирования и энергосбережения, изменения организации электроремонта и повышения эффективности электрического хозяйства (в целом и по отдельным составляющим).

Целевое видение развития электроэнергетики России до 2030 года не корректно связывать с ГОЭЛРО (план разрабатывался в 1920 году для развития *всей экономики* страны, сейчас же речь идёт о расчётных сценариях развития *только электроэнергетики*). Комплексная программа развития электроэнергетики включает [[www.rao-ees.ru](http://www.rao-ees.ru)]:

1. Формулирование стратегических задач развития ЕЭС России до 2030 года и на перспективу до 2050 года.

2. Формирование стратегического видения ЕЭС, включающего количественное и качественное описания:

- рынка (внутренний рынок и экспорт);
- мощностей (сети, генерация, технологические тенденции);
- системы управления отраслью;
- смежных рынков (сервис, производители);
- ресурсной базы (топливо).

3. Описание ключевых комплексных инвестиционных проектов.

4. Внедрение системы долгосрочного планирования развития ЕЭС России.

5. Формирование сигналов рынку, стимулирующих инвестиции в генерацию и сети, разработку и производство современного оборудования и повышающих конкуренцию на рынке услуг для энергетики.

Потребители электроэнергии, ориентируясь на собственные интересы, не могут не считаться с этой стратегией, разработанной субъектами электроэнергетики. Но, прогнозируя свою стратегию на долговременную перспективу, потребителю, прежде всего – менеджменту крупного предприятия, следует критически оценить программу электроэнергетики и сделать свой выбор, опираясь на новое мировоззрение, на новый математический аппарат и практику его применения для объектов электрики. Ценологическая теория подтверждена *H*-анализом регионов по электропотреблению за 1990–1999 годы, когда оно по России упало с 1073 млрд кВт•ч (1990 г.) до 809 млрд кВт•ч (1998 г.), сохраняющейся *H*-устойчивостью структуры регионов в 2000–2008 годах, уверенностью в большой точности ценологического прогноза на 2020 (2030) годы.

Трудно назвать все вопросы, которые возникли, когда человек недавно почувствовал возможную гибель цивилизации. За ответами (что делать?) обращаются к науке, дающей решения в рамках одной из трёх существующих научных картин мира: первой классической электромеханической Ньютона–Максвелла, второй – постклассической вероятно-статистической, третьей – постнеклассической ценологической. Решение, прежде всего, определяется видением бытия как такового, т. е. ответом – что есть окружающее сущее. Его материальная сторона порождена индустриализацией, и есть только техническое, качественно и количественно сейчас лишь глобализирующееся. Очевиден факт, что техносфера, не став ноосферой, по де Шардену и Вернадскому, поглотила биосферу.

Всеобщность технического позволяет вслед за Анаксимандром, выделившим живое из Природы, ранее воспринимавшейся как единое, сделать следующий принципиальный шаг.

Существует бытие техническое, развивающееся объективно, так что законы техноэволюции не требуют осмысления человеком, но предполагают существование науки, бытие изучающей. Такая наука о технической реальности и её эволюции названа *технетикой*. Она выросла из электрики и перекрывает кибернетику, действующую в рамках системной методологии второй научной картины мира. Технетика вводит постнеклассическое мировоззрение, исследуя сообщества (техноценозы) слабо связанных и слабо взаимодействующих изделий, классифицируемых как штуки-особи по ви-

дам (в цехах и заводах, квартирах и городах, отраслях и регионах, по стране в целом).

*Технетика* сущностно включает пять составляющих, онтологически и гносеологически различающихся: создаваемую и эксплуатируемую технику, разрабатываемую и применяемую *технологию*, получаемые и используемые *материалы*, производимую и потребляемую *продукцию*, возникающие и частично реализуемые *отходы*.

*Техника* – онтологическая основа технической реальности. Лишь она обеспечивает производственную и культурную деятельность человека, саму возможность социальной и личной жизни, существование информационной реальности. Техника есть изделие, или совокупность изделий таких, что каждое сейчас алгоритмически закреплено документом. Гносеологически не ясен механизм структурной гиперболической *H*-устойчивости каждого техноценоза при эволюционном росте видового разнообразия, непрерывном вымирании технических видов и смерти каждой особи-штуки-изделия из-за физического и морального износа. Но в любом случае техника образует каркас, структуру любого ценоза.

*Технология* – знание, в древности абстрактно формулируемое и устно передаваемое, а ныне документальное знание того, каким образом, где и на чём, из чего и как можно что-либо сделать. Технология есть категория гносеологии. Это – душа технической реальности; это знания, пусть морально и стареющие, но закрепляющиеся в культуре навечно.

*Материал* – сущностно есть нечто физическое, биологическое, техническое, появляющееся на краткое время, чтобы воплотиться в другой материал или в конечный *продукт*, выпуск которого порождает *экологические* последствия (отходы, сбросы, выбросы).

Собственно техника делится на технику мёртвую (болт, молоток), локально не противодействующую законам термодинамики; технику живую, т. е. сделанную сознательно по чертежам-генам (трансгенные продукты, овечка Долли); технетическую (электродвигатель, автомобиль, дом), которая индивидуализируется паспортом (нумеруется) и для своего функционирования требует энергии, инфраструктуры, информационного и социального обеспечения. Именно технетическая техника составляет в XXI веке материальную, информационную и социальную основу любого функционирующего и эволюционирующего техноценоза.

Здесь принципиально: всё, что делается техникой, точно и однозначно определяемо законами первой научной картины мира, где атом, по Демокриту, неделим, а электрон и молекула от других таких же – неотличимы. Но есть парадокс, не осмысливаемый инженерами: точно рассчитанное не может быть изготовлено таковым в принципе – всегда есть допуски, отклонения. И это не случайность, а проявление действия второй вероятно-статистической (в пределе гауссовой) картины мира. Мысленная конструкция Ньютона–Максвелла реализуется элегантным «Мерседесом», допуски на параметры которого определяются математическим ожиданием и дисперсией (допустимой ошибкой).

Посмотрим на дальнейшее обобщённо. Через три минуты после «Большого взрыва» – создания Вселенной – родились элементарные частицы,

затем атомы и химические элементы, галактики, Солнечная система, минералы и т. д. Образовались сообщества-cenosis чего-либо, где каждый элемент выделяется как дискретная штука-особь, обязательно классифицируемая по видовым признакам (кролик, заяц). Оказалось, что любой ценоз в постнеклассических рамках третьей научной картины мира структурно неотличим по параметрам гиперболического  $H$ -распределения, характеризующим разнообразие и соотношение «крупное–мелкое». Для гравитационного поля звёзд это сделал Хольцмарк (1910 г.), получивший для Галактик характеристический коэффициент  $\alpha = 1,5$ ; для минералов Земли – Ферсман (тоже 1,5, и это позволяет рассматривать каждое месторождение как ценоз). Биологи  $H$ -структурировали биоценозы с начала XX века. (Виллис, 1922 г.; Юл, 1924 г.) и получали аналогичные результаты (включая акад. Сукачёва – по Крыму). Техноценозы исследовались на основе 1000 выборок и генеральных совокупностей, охватывающих 2,5 млн штук-особей оборудования ( $0,5 < \alpha < 1,5$ ). Изучение информценозов связывают с законами Ципфа, Брэдфорда, Мандельброта; социоценозов – с распределением Парето. Закон Парето проверен по энергозатратам за 21 год по всем предприятиям чёрной металлургии (см. отраслевой банк «Черметэлектро», kudrinbi.ru).

Во всех случаях приложения теории структура, математический аппарат  $H$ -распределений оказываются идентичными, результаты – переносимыми из одной области науки и практики в другую. Несмотря на субъект-объектные различия физической, биологической, технической, информационной, социальной реальностей общность структуры ценозов позволяет встать на позицию познавательного оптимизма и говорить о трансдисциплинарности ценологии. Но что есть диктующее, которое создаёт идентичность структур? Вот вопрос – лишь поставленный.

Говоря о единстве Мира, можно говорить о наличии и направленности отбора, обеспечивающего эволюцию и отражающего специфику той или иной реальности. Эволюция любого технического определяется законом информационного отбора (1976 г.), который отличается от дарвиновских представлений (1859 г.) отделением гена – документа. Вектор техноэволюции объективно однонаправлен и необратим.

Генотип – перечень чертежей изделия – зажил собственной жизнью, определяемой документальным отбором.

Фенотип – изготовленное изделие, появившись, не эволюционирует, хотя стареет и умирает.

Закон задаёт видовое и параметрическое разнообразие структуры техноценозов, т. е. определяет соотношения «редкое–частое», «крупное–мелкое».

Одновременно закон информационного отбора, если привлечь для его интерпретации кибернетический подход Шмальгаузена, определяет схему техноэволюции. Схема очерчивает три узловые точки научно-технического прогресса:

*первая* – научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, в результате которых создаётся технический вид как некоторый абстракт, прообраз, служащий для последующего изготовления штуки-особи изде-



лия как продукта по определённой технологии и из определённых материалов;

*вторая* – комплекс видов деятельности, включая инвестиционное проектирование, обеспечивающий построение, функционирование, развитие ценоза (завод, регион);

*третья* – собственно информационный отбор (штрих-код и др.), опирающийся на нормативные, рыночные, экологические и другие ограничения. В отличие от биоэволюции техноэволюция возможна в виртуальном варианте, это и объясняет несравнимо большие темпы её эволюции.

Напомним, что вопрос о биологическом виде закрыт Линнеем (1735 г.). Его бинарная номенклатура признана естествоиспытателями. Для технического (до завершения индустриализации) ещё существовала в мире и в стране документация, в которой содержался *весь* перечень технических видов (см. историю ленд-лиза США–СССР). Для XXI века ценологическая теория уже однозначно запрещает саму возможность иметь документально оформленный *полный* перечень технических видов, понимая под «видом» (1974 г.) всё то, что требуется для изготовления и использования своей собственной технической документации на модель, марку, тип, типоразмер, артикул, профиль, сортамент и др.

Итак, все реальности образовались последовательно – одна *за* и *из* другой, существуют как самодостаточные, эволюционируют по своим вполне определённым законам, ориентируясь, с точки зрения классической науки, на идеальные объекты, состояния, явления, процессы, виды.

Но бытийная реализация отдельного идеального ведёт к отличиям от «задуманного». Природой (человеком) таким, что каждое единично «созданный» находится в пределах видовых параметров, определяемых, в пределе, нормальным законом Гаусса. Единичное разных видов и разных реальностей неотвратно собирается в сообщества-cenosis, образуя трансцендентные, по Канту, объекты.

Познание их онтологии в какой-то степени возможно, если согласовать понятийно-математические постулаты постнеклассического мировоззрения, конвенционно определить границы ценоза и словесное качественное его описание, преодолеть счётность элементов и практическую бесконечность наличествующих слабых связей и слабых зависимостей, ввести родо-видовые отношения и, применив *H*-анализ, сформулировать политические, экономические, социальные цели для организации менеджмента, опирающегося на структурную устойчивость разнообразия и на соотношение «крупное–мелкое».

Показав, что на наполнение электрического хозяйства (электрики) оборудованием и расходование им электроресурсов накладывается фундаментальный закон, математически диктующий параметры *H*-распределения, обратимся к конкретным примерам его проявления и использования (которое может быть и интуитивным).

Прежде всего – о менеджменте. Верно, что 20 % членов группы выполняют 80 % работы. Группа, где начинают проявляться ценологические свойства, это 20–30 человек (что проверено статистически): 5–10 % из них должен отличать высокий профессионализм. Это – интеллектуалы, гене-

раторы идей; 40–60 % – исполнители, точно и аккуратно выполняющими указания; 10 % – «отличники»; 10 % – «двоечники». Для оборудования и сооружений минимум – это около 100 видов, классифицируемых на 10–20 видов (в СССР была 131 домна – 49 видов; прокатных станов 360 – 149 видов).

Полнота управления достигается, если руководителю исчерпывающе известна (выразимся так) деятельность каждого из следующих семи подчинённых (до десяти), стоящих на следующей ступени служебной иерархии. Если у каждого из этих семи столько же подчинённых, то через три ступени иерархии можно эффективно управлять до 1000 человек.

Подтвердим это происхождением и развитием Единой энергосистемы страны (по И.А. Новожилову). Пока в стране было около десяти энергетических объектов, управление ими осуществлялось из Высшего совета народного хозяйства страны (ВСНХ), в составе которого для этих целей был сформирован специальный главк – Главэлектро. Сами объекты энергетики имели статус государственного предприятия. Память об этом осталась в названиях крупных конденсационных электростанций – ГРЭС (государственная районная электростанция).

С ростом числа объектов энергетическая система становилась неуправляемой, поэтому был создан специальный Наркомат с функциональной организационной структурой управления. Число объектов энергетики бурно росло, и вскоре новая система вновь стала терять управляемость. В целях обеспечения ценологического соотношения необходимо было решить задачу управления при сохранении двухзвенной структуры (министерство – предприятие). Решением этой задачи стало укрепление государственных предприятий. Расположенные в непосредственной близости друг от друга, они были объединены в «районное энергетическое управление» (РЭУ) – так впервые было названо Киевское объединение энергетики. Входящие в состав объединений электростанции и сетевые образования стали для государства структурными единицами районных управлений. Вначале районные управления охватывали территории нескольких единиц административного деления страны (Ивэнерго – Ивановскую и Владимирскую области, Челябэнерго – Челябинскую и Курганскую области и др.).

Властное воздействие на руководство предприятий-энергосистем со стороны административного и особенно партийного руководства территорий, на которых дислоцировалось РЭУ, значительно ухудшало положение энергетики, расположенной за пределами территорий-хозяев. В связи с этим началась борьба ущемляемых территорий за создание «собственных» РЭУ, которые руководство территорий рассматривало как свои энергетические службы. В результате система стала терять управляемость, и снова возникла задача сохранения двухзвенной структуры и оптимального соотношения числа субъектов и объектов управления.

Решение было простым: разукрупнить производственную функцию Минэнерго. В его составе вместо одного функционального эксплуатационного главка было создано несколько главных управлений по эксплуатации энергосистем, объединённых по территориальному признаку. Таким образом, министр управлял десятком главков, являвшихся структурными

подразделениями министерства без статуса юридического лица (1:10), а каждый главк, в свою очередь, управлял десятком предприятий-энергосистем (1:10) с десятком электростанций и сетевых образований (1:10). Это и означало управление одним министром тысячей объектов энергетики, что со всех точек зрения было самым оптимальным вариантом. Итак, система управления большими комплексами требует вполне определённой структуры, она обязательно должна прийти к соотношению числа управленческих звеньев, близкому к 1:10:100:1000.

Дальнейшие примеры практического использования ценологической теории основаны на фактическом материале моей научной школы.

1. Нормальный ход работы предприятия, где можно выделить определяющий характер производства, достаточно протяжённый в пространстве технологический процесс, фиксируемый (делимый автоматизированной системой управления) по объёму и во времени (минута, час, сутки), но автоматически не обусловленный (комплекс «сталь–прокат», производство цинка, шахтная добыча угля), можно охарактеризовать статистически установленными нормативами времени. Всегда наблюдаются организационные, технико-технологические, аварийные отклонения от этих норм.

Отслеживая отклонения по величине  $\Delta t$  от норматива времени (что влияет на объём продукции), можно построить ранговидовое распределение. Все отклонения (простой) разбиваются по интервалам (число которых не меньше 10, оптимальное – в районе 100). Мелкие отклонения, фиксируемые и устраняемые без сбоев технологии, суммируются (за сутки, неделю, месяц); сумме присваивается ранг  $r = 1$  (это «саранча»). Сумма второго интервала  $r = 2$  и т. д. В результате строится  $H$ -распределение в ранговидовой форме, где длительные (часовые, сменные, суточные) простои единичны (обычно это аварийные случаи) – в нашей терминологии «ноевы».

Оказалось, что форма и параметры  $H$ -распределения при нормальной работе предприятия находятся в пределах, ценологически определённых. Но если предприятие начинает «лихорадить», то мелких нарушений становится вроде бы меньше (ухудшается учёт, абсолютно уменьшается величина ранга  $r = 1$ ); практически не меняется значение крупных аварийных; значительно возрастают «средние» простои.  $H$ -кривая вырождается в падающую прямую (рис. 17.1), между ними образуется некоторая площадь, характеризующая мерой  $M_{\text{эп}}$  (термин В.К. Буторина), градиенты представляют неизбежные потери производства, ухудшение управляемости, наблюдаемости, координации, достижимости. Критическое состояние рассматриваемого бизнеса прослеживается ценологически. Это сигнал «Внимание!» для высшего менеджмента, сигнал о возможности банкротства, смене руководства, трудностях сбыта и др.

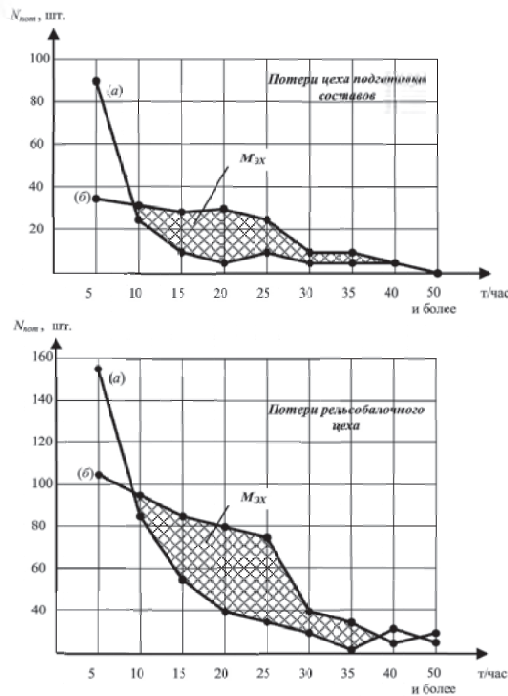


Рис. 17.1. Нормальное (а) и аварийное (б) состояние цехов

2. Если известен параметр, характеризующий виды (каждую особь), которые образуют технический ценоз, то по эмпирическим точкам распределения строится аппроксимационная кривая  $H$ -распределения по параметру (мощность, общие и удельные расходы электроэнергии, трудозатраты на ремонт и обслуживание и др.). Рассчитывают переменный доверительный интервал; выявляют аномальные точки. Затем, по Гнатиюку, проводят процедуры параметрической оптимизации такие, что (применительно к электропотреблению) оказываются возможными прогнозные оценки, расчёты норм потребления, рекомендации по аудиту, по развитию и потенциалу энергосбережения, предложения по нормативным актам.

На основе сформулированного закона оптимального построения технoценoзов предложена методика управления электропотреблением. Для прогнозирования предложены  $Z$ -методы, восходящие к Ципфу, и  $G$ -методы – к Гауссу; в основе нормирования – кластер-анализ. Сформулирован общий алгоритм реализации динамической модели электропотребления технoценoза. Использование специфического математического аппарата и критериев позволяет рассчитать потенциал объекта энергосбережения по предприятию, региону.

3. Ранговый анализ по параметру можно использовать для оценки нынешнего состояния предприятия на основе истории его электропотребления за 20–50 лет с целью прогноза электрических параметров на ближайшие годы. В этом случае рассматривается изменение величины характеристического показателя  $\beta$  и поведение первой точки (наибольшего

потребителя,  $r = 1$ ) для ценоза, где число штук-особей-элементов не менее 35 (цеха предприятия, основная продукция).

В зависимости от изменения соотношения «крупное–мелкое», номенклатуры выпускаемого, интенсивности воздействия внешних условий (спад, например) наблюдаемы и используются различные сочетания: первая точка растёт, не меняется или падает; независимо от неё  $\beta$  растёт, не меняется или падает. Для прогноза может быть использован вторичный характеристический показатель, который получается при ранжировании всех  $\beta$ , относящихся к одному ценозу. Оказалось, что вторичный  $\beta$  ведёт себя более устойчиво.

4. Для ценоза (предприятие, город, регион) поэлементный состав меняется во времени. Предприятия (их цеха) исчезают, распадаются или объединяются, рождаются новые. Можно отслеживать тренд каждого (в отдельных случаях это необходимо). Но если для ценоза как целого возникает вопрос о величине параметра на год, два, пять лет, то оказывается, и это доказано (что и есть главное ценологическое свойство), что для получения приемлемого результата можно пренебречь образующимися «дырами» и появлением нового.

5. Анализируя  $H$ -распределение по параметру (электропотребление и удельные расходы) по всем предприятиям региона (отрасли), гиперболу разбивают так: первые касты – самые крупные объекты. Первая точка (ранг  $r = 1$ ) определяет аппроксимирующую форму  $H$ -кривой. В отдельных случаях эта точка (и вторая) оказывается «не из этого ценоза», как алюминиевый гигант Хакасии, как Москва (она «на месте» среди других столиц и мегаполисов развитых стран, но по большинству параметров выпадает из ценоза «регионы Российской Федерации»). И тогда, возможно, построение модели  $H$ -распределения более логично выглядит с исключением первой точки.

Вторая группа элементов-особей – это пойнтер-каста, которая определяет характеристический показатель. Здесь при движении вниз по гиперболе увеличивается степень ценологического влияния на формирование динамики каждого объекта. Наконец, виртуальная каста – группа малых объектов, каждый из которых на кривой практически неразличим.

Изменение параметров рангового распределения (первая точка и  $\beta$ ) во времени формализуется поверхностью, площадь которой под кривой и служит основой прогноза. Это, по В.В. Фуфаеву, динамика первого рода. Динамика второго рода – структурно-топологическая динамика – заключается в отказе от рангового анализа в классическом виде. Точки (объекты-особи) рангового распределения рассматриваются в функции времени как случайные процессы. Здесь прогноз траекторий электропотребления свободен в выборе параметров прогнозирования, и на них накладывают ограничения индекс жизнеспособности предприятия (ЖСП). Это угол тренда – скорость изменения доли электропотребления каждого предприятия в общем электропотреблении региона.

6. Повышение эффективности электроремонта практически на 12–15 % (теоретически – на 25 %) за счёт ценологического моделирования, объясняемое  $H$ -анализом, позволяет планировать на месяц (год) объёмы

по количеству и типоразмерам (видам). В основу кладётся устойчивость поведения хвоста гиперболы: саранчовых видов, поступающих в ремонт 12 раз в год и чаще (табл. 17.1): здесь  $k$  – каста (реализованные группы видов);  $i$  – численность популяции;  $S_i$  – число видов, образующих касту (в первой касте  $k = i$  рассматриваемого распределения было  $S_i = 140$  видов);  $U_i$  – количество штук-особей в касте;  $\omega$  – относительная встречаемость числа видов в касте.

Таблица 17.1

Саранчовая каста капитально отремонтированных электродвигателей

$k$	$i$	$S_i$	$U_i$	$\omega$	Вид
25	34	1	34	0,003	0,8-ARB
26	37	1	37	0,003	1,6-APФ
27	45	1	45	0,003	0,75-ARA
28	54	1	54	0,003	1,6-ARA
29	138	1	138	0,003	1,2-APФ

Эта устойчивость не требует обращения к системе планово-предупредительного ремонта. Она позволяет точнее планировать заказ изоляционных материалов, обмоточного провода, комплектующих. Может быть решён вопрос об обменном фонде и оптимизации его величины. Необходимым условием является создание и поддержание информационной базы с результатом уже через год.

Оценка результатов деятельности собственных ремонтно-обслуживающих служб и сервисных организаций по критериям надёжности может быть решена введением, по Фуфаеву, понятия видовой надёжности. Поставленное заводом-изготовителем оборудование имеет паспортные характеристики надёжности, которая при заводских испытаниях рассчитывается в соответствии с нормальным распределением. Тогда, построив  $H$ -кривую, охватывающую всё установленное, можно назвать для каждого вида численность его популяции. Затем, построив  $H$ -кривую ремонтируемого, находим фактический процент выхода в ремонт (надёжность) без исследования фактических режимов работы, и всё это – вне связи с ППР. Структурно-топологическая динамика задаёт движение точки (вида) вверх или вниз по кривой. Это и определяет изменение процента выхода в ремонт данного вида, что, собственно, и характеризует видовую надёжность.

7. Назовём ценологические запреты, пока мировоззренчески не осознанные, а потому игнорируемые. Возьмём не самый крупный завод с нагрузкой близкой к  $P_m = 360$  МВт и годовым электропотреблением 3 млрд кВт•ч. На заводе на 01.01.2008 г. насчитывается 48 800 штук-особей электрических машин средней мощностью 32,9 кВт; трансформаторных подстанций – 339, трансформаторов силовых – 1248, в том числе IV–VI габаритов – 47 шт.; выключателей силовых – 3268, в том числе 35–110 кВ – 47 шт.; ячеек и шкафов КРУ – 3883; проводов и кабелей всех видов – 27 300 км, в том числе бронекабелей и кабелей силовых около 10 тыс. км.

Колмогоров, ставя вопрос, что такое «очень много», назвал число  $A$  малым, если практически возможно перебрать все схемы из  $A$  элементов и выписать для них все функции алгебры логики с  $A$  аргументами (в рамках



первой научной картины мира). Число  $B$  – среднее, если перебрать все схемы из  $B$  элементов практически нельзя, но можно «перебрать» сами элементы (для человека это 1000, для машины  $10^{10}$ ), оставаясь в рамках вероятно-статистической картины мира. Число  $B$  – большое, если «перебрать» такое число элементов уже невозможно, а можно лишь установить систему обозначений. Приведённые цифры для завода и есть такие большие числа.

Отсюда множество ценологических запретов, распространяющихся на расчёт нагрузок и потерь, на заявки и заказы. Вот заключительный пример. Расчёт нормативной численности оперативно-ремонтного персонала проводится на основе фактического годового потребления предприятием электроэнергии на двигательную силу. Разве это число «снято» со счётчика? Или оно «потолочно» проверяемое? И уж совсем умиляет точность, что электропотребление на освещение производственных помещений и территории предприятия составило 140 189 129 кВтч.

Практический выход – единственный: уйти от любых расчётов и вычислений, на которые ценологическая теория накладывает запрет, *и пользоваться только величинами, инструментально проверяемыми*. Не дробить электрорасход при расчёте по объекту (цеху) на технологию, вентиляцию, транспорт и др., а оперировать показаниями счётчиков, где есть суммарный показатель, а далее – структурно-топологически проверяя результат и прогнозируя стратегию.

#### *Контрольные вопросы*

1. Сформулируйте закон информационного отбора.
2. Поясните, чем занимается наука о технической реальности (технетика)?
3. Назовите три узловые точки научно-технического прогресса.
4. Назовите примеры практического использования ценологической теории.

## Заклучение

В монографии показано, что изделия с определённого количества и качественного уровня образуют техноценозы, такие как предприятие, отрасль, район, город, регион, построение и развитие которых определяет устойчивое развитие и безопасность населения и территорий Российской Федерации. При этом установлена инвариантность видовой структуры систем, заключающаяся в том, что при образовании (построении) и функционировании ценозов любой природы существует подобие процессов формирования и устойчиво сохраняется структура, определяемая действием энергетического, естественного, информационного и документального отборов.

Показанная общность гиперболических моделей для социальной, биологической, информационной реальностей говорит о наличии единого структурного механизма формализования ценозов как целостности. Применительно к технической реальности мы впервые в мире говорим не только о едином структурном механизме формирования всего технического (технетики) как целостности, но и о направленном необратимом векторе техноэволюции, определяемом законом информационного отбора.

Общность ставит вопрос о необходимости привлечения математических представлений, опирающихся на предлагаемую постнеклассическую третью научную картину мира. Это позволяет управлять хозяйственным механизмом и создать систему воздействия, реализующую проявление узловых точек научно-технического прогресса.

Использование открытых закономерностей, определяющих создание, функционирование и развитие технических систем, позволяет: резко повысить производительность труда, качественно улучшить проектирование и планирование, расширить область унификации и стандартизации, создать систему оценок; в области науки – дополнить общую теорию систем математическим аппаратом моделирования закономерностей техноэволюции, разработать методологию оценки экономической эффективности управляющих воздействий на структуру техноценоза; включить управление обнаруженными явлениями в систему стандартов, планов, снабжения, цен, строительства, контроля и отчетности.

Оптимизация ценозов в направлении увеличения унификации повышает экономичность проектирования, строительства, монтажа, наладки, эксплуатации, модернизации, уничтожения; в направлении увеличения разнообразия увеличивает конкурентоспособность, обеспечивает значительное энергосбережение.

Соблюдение оптимальных соотношений крупного и мелкого, массового и единичного, уникально-го и стандартизированного, современного и морально устаревшего обеспечит устойчивое развитие страны.

## Оглавление

Введение.....	3
Лекция 1. Электрические науки и постиндустриальный глобализирующийся мир.....	6
Лекция 2. Основные (электро)ценологические понятия.....	18
Лекция 3. Технетика как наука о технической реальности.....	33
Лекция 4. Электрика как развитие электротехники и электроэнергетики.....	45
Лекция 5. Негауссовость гиперболических $H$ -распределений.....	60
Лекция 6. Отличие ценологического $H$ -закона от законов и распределений Парето–Хольцмарка–Виллиса–Лотки– Брэдфорда–Ципфа–Мандельброта.....	75
Лекция 7. Моделирование $H$ -распределений простыми числами и поинтер-точка $\mathcal{R}$ .....	89
Лекция 8. Информация и отбор: энергетический, естественный, информационный.....	99
Лекция 9. Общность и специфика тихогенеза, номогенеза, техногенеза.....	111
Лекция 10. Параллели эволюции.....	120
Лекция 11. Стадии (этапы) инвестиционного проектирования.....	132
Лекция 12. Узловые точки научно-технического прогресса.....	145
Лекция 13. Теория и практика рангового анализа при определении параметров электропотребления.....	159
Лекция 14. Три научные картины мира и практика электрики.....	167
Лекция 15. Структурно-топологическая динамика видовой структуры электрооборудования и параметров электропотребления.....	167
Лекция 16. Понятийное, модельное и математическое обеспечение задач электрики.....	191
Лекция 17. Постнеклассическое видение проблем электрического хозяйства предприятий, организаций и учреждений.....	201
Заключение.....	215

*Монография*

Б.И. Кудрин, В.А. Седнев, С.И. Воронов

**СЕМНАДЦАТЬ ЛЕКЦИЙ  
ПО ОБЩЕЙ И ПРИКЛАДНОЙ  
ЦЕНОЛОГИИ**

Подписано в печать 15.10.2020

Формат 70х100/16

Гарнитура Times

Усл.-п. л. 13,5. Уч.-изд. л. 13

Тираж 300 экз.

Издатель – Российская академия наук

Публикуется в авторской редакции

Корректura и верстка – ООО "ВИН" / [www.winfirm.ru](http://www.winfirm.ru)

Отпечатано в экспериментальной цифровой типографии РАН

Издается по решению Научно-издательского совета  
Российской академии наук (НИСО РАН)  
и распространяется бесплатно

