3. КРИТЕРИАЛЬНО-АЛГОРИТМИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ЗАКОНА ОПТИМАЛЬНОГО ПОСТРОЕНИЯ ТЕХНОЦЕНОЗОВ

3.1. Теоретические основы оптимизации техноценозов

Как представляется, все классификационные параметры особей техноценоза равноправны в том смысле, что наращивание при проектировании любого параметра сопровождается адекватным увеличением затрачиваемых при изготовлении и в последующей эксплуатации ресурсов. Следовательно, в континууме параметров системы-техноценоза всегда есть два непересекающихся и равномощных подмножества (одно включает параметры, имеющие смысл полезного эффекта, другое – затрат). При этом полезный эффект имеет отношение к собственно техническим изделиям-особям, а затраты, как правило, – к обеспечивающим системам. Ввиду того, что параметры полезного эффекта отражают свойства отдельных изделий, а параметры, имеющие смысл затрат, характеризуют системы, обеспечивающие функционирование групп особей техноценоза, установить между ними однозначное соответствие невозможно. Однако, полагая фундаментальными законы сохранения, к техноценозу можно применить закон сохранения энергии в параметрической форме [11,12,15,19,20]:

$$\sum_j \left(\int_0^\infty \omega_j(x)dx - \int_0^\infty \mu_j(x)dx \right) = 0, \tag{3.1}$$

где ω_j и μ_j – j-е нормированные сопряженные комплиментарные параметры (ω_j – имеют смысл полезного эффекта, μ_j – затрат на производство и обеспечение);

x – переменная, являющаяся непрерывным аналогом ранга параметрического распределения ($x \geq x_0$, где x_0 – минимальное значение на выборке).

Если ранговое параметрическое распределение по параметру ω_j обладает максимумом энтропии (и дисимметрии), то параметрическая связанность техноценоза приводит к тому, что максимальной энтропией будет обладать и ранговое параметрическое распределение по параметру μ_j. Причем снижение энтропии одного распределения неизбежно приведет к снижению энтропии другого, что позволяет предполагать существование некоторого оптимального состояния техноценоза, все параметрические распределения которого обладают максимальной энтропией.

Опираясь на классическое ранговое видовое распределение $\Lambda(x)$ с видовым рангом r_B, энтропию техноценоза можно выразить как сумму:

$$H_\Sigma = \sum_{i=1}^{s} \left(-\frac{\Lambda(r_{Bi})}{\int_0^\infty \Lambda(x)dx} \ln\left(\frac{\Lambda(r_{Bi})}{\int_0^\infty \Lambda(x)dx} \right) \right), \qquad (3.2)$$

где s – общее количество видов техноценоза.

Однако использование выражения (3.2) для анализа и оптимизации техноценозов затрудняется таксономическим характером ранговых видовых распределений, о чем уже ранее подробно говорилось в работах [11,12,19,20,54]. Учитывая (3.2) и переходя от ранговых видовых распределений техноценоза $\Lambda(x)$ к ранговым параметрическим $W(x)$, можно заключить, что максимум энтропии достигается при выполнении для всего перечня видов следующего ключевого условия:

$$\int_{r_{1i}}^{r_{2i}} W(x)dx = \text{const}, \qquad (3.3)$$

где r_{1i} и r_{2i} – левая и правая ранговые границы «зоны» i-го вида на ранговом параметрическом распределении.

Учтя сформулированный ранее в параметрической форме закон сохранения энергии (3.1), приходим к следующему условию (аддитивное обобщение (3.2) по параметрам):

$$\sum_j \left(\int_{r_{1i}}^{r_{2i}} \omega_j(x)dx \right) = \sum_j \left(\int_{r_{1i}}^{r_{2i}} \mu_j(x)dx \right) = \text{const}. \qquad (3.4)$$

Очевидно, что условие (3.4), как и (3.3), должно выполняться для каждого i-го вида техноценоза. Как показывают многочисленные модельные исследования техноценозов (как, впрочем, и ценозов другой природы) [19,20,28,41], выполнение условий (3.3) и (3.4) тесно связано с канонической формой соответствующего распределения. Кроме того, условие (3.4) позволяет проследить несомненную связь между процедурами номенклатурной и параметрической оптимизации. Если ввести понятие о суммарном ресурсе техноценоза по параметру W как

$$W_{\Sigma} = \int_{0}^{\infty} W(x)dx, \tag{3.5}$$

а общее количество видов определить из видового распределения техноценоза $\Omega(x)$ следующим образом:

$$\Omega_{\Sigma} = \int_{0}^{\infty} \Omega(x)dx, \tag{3.6}$$

то можно утверждать, что

$$\frac{W_{\Sigma}}{\Omega_{\Sigma}} = \int_{r_1}^{r_2} W(x)dx. \tag{3.7}$$

Отсюда видно, что изменение номенклатуры (количества используемых видов Ω_{Σ}) при условии сохранения оптимальности структуры $\left(\int_{r_1}^{r_2} W(x)dx = \text{const}\right)$ неизбежно сопровождается изменением ресурсов в техноценозе (W_{Σ}). С другой стороны, изменение структуры техноценоза $\left(\int_{r_1}^{r_2} W(x)dx = \text{varia}\right)$ при сохранении номенклатуры $(\Omega_{\Sigma} = \text{const})$ приводит к изменению ресурсного баланса (W_{Σ}). В любом случае ресурсная дестабилизация в техноценозе (особенно по важным видообразующим параметрам) неизбежно сопряжена со снижением эффективности функционирования. При этом уменьшение W_{Σ} техноценоза приводит к «параметрической недостаточности» (занижению функциональных свойств технических изделий и пространственно-технологических кластеров), а увеличение – к недопустимому наращиванию комплиментарного параметра (неоправданному увеличению затрат на обеспечивающие системы).

В итоге можно судить о единственном (в фиксированный момент времени) состоянии техноценоза, которое при требуемом суммарном ресурсе по параметру и определенной структуре четко задает его номенклатуру. Кроме того, возрастание энтропии в техноценозах приводит к выравниванию ресурсов, приходящихся на отдельные популяции видов. В данном случае максимальная дисимметрия ресурсов среди особей сочетается с полной симметрией среди популяций видов техноценоза (своего рода энергетическая симметрия). Это еще раз подтверждает сделанный в настоящей работе, а также еще ранее в [61] вывод о том, что энтропия не является «мерой хаоса» (подробнее об этом – см. работы [19,20]).

С учетом выражения (3.4) сформулированные выше выводы представляется возможным обобщить на континууме видообразующих параметров техноценоза следующим образом:

$$\frac{\sum\limits_{j}\left(\int\limits_{0}^{\infty}\omega_j(x)dx\right)}{\int\limits_{0}^{\infty}\Omega(x)dx}=\sum\limits_{j}\left(\int\limits_{r_1}^{r_2}\omega_j(x)dx\right). \tag{3.8}$$

Таким образом, есть основания полагать, что параметрическая оптимизация в техноценозе является самодостаточной процедурой и обеспечивает улучшение (в показанном здесь смысле) его видового разнообразия (номенклатурную оптимизацию).

Номенклатурно-параметрическая связанность техноценозов имеет большое значение для теоретического обоснования критериев оптимизации в целом и процедур номенклатурной и параметрической оптимизации в частности. На эмпирическом уровне они в определенной степени подтверждаются имеющейся в распоряжении автора статистической информацией, касающейся исследований техноценологических свойств региональных электротехнических комплексов [7-11] (рис. 3.1).

На рисунке 3.1 проиллюстрирована высокая корреляция между областями видового распределения $\omega_p(x)$, где наблюдаются аномальные отклонения видового разнообразия с соответствующими изменениями усредненных (в пределах кастовых зон) важнейших параметров (P_y^K – средняя установленная мощность в кВт; N^K – номер группы сложности; определяются как среднее арифметическое совокупности значений для особей соответствующей касты). В практическом плане, как представляется, это свидетельствует о недальновидной научно-технической политике, осуществляемой в ходе проектирования технических изделий, и, как следствие – значительном нарушении видового разнообразия в рассматриваемом техноценозе, что показано автором в [12].

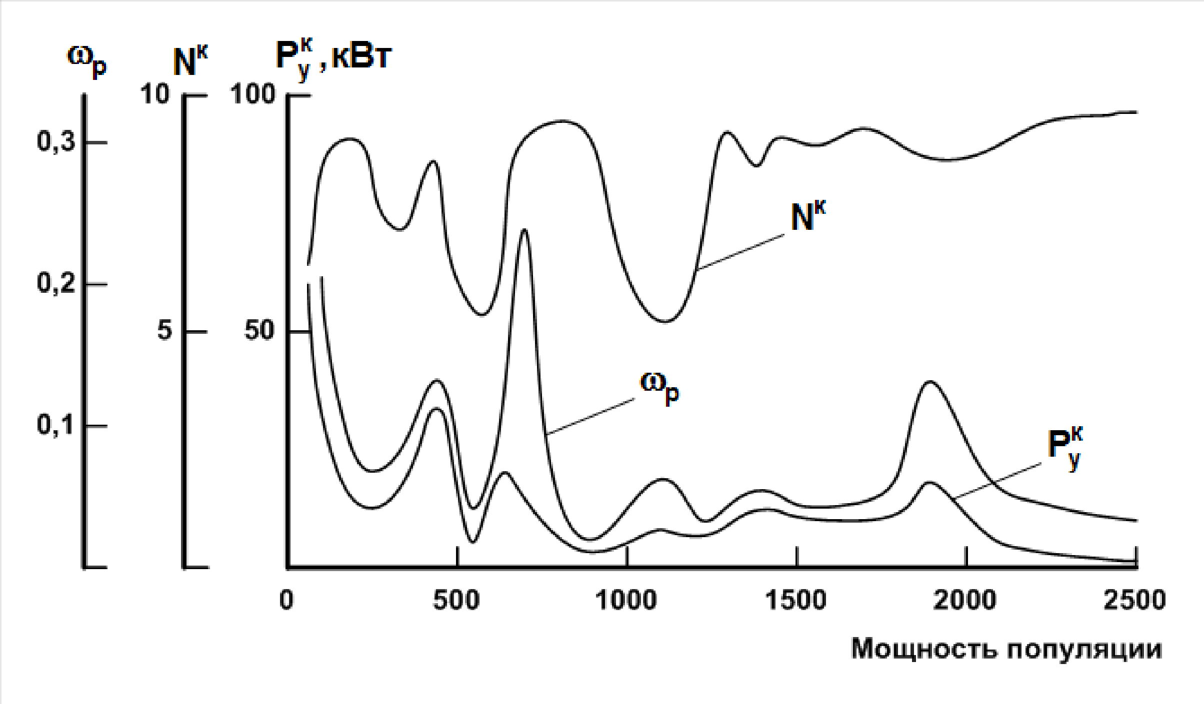

Рис. 3.1. Зависимости, подтверждающие хорошее совпадение аномальных всплесков на видовом распределении с всплесками на кастовых характеристических кривых

Оптимизация столь сложной системы как техноценоз должна осуществляться одновременно на двух уровнях. Оптимизация на микроуровне сводится к совершенствованию отдельных технических изделий-особей по критерию «полезный эффект – затраты». Этому направлению посвящено значительное число исследований, и в данной работе оно не затрагивается. Оптимизация на макроуровне требует общесистемного подхода. Однако, как представляется, современное развитие системных исследований и их инструментальное обеспечение не позволяют осуществлять алгоритмически связанную непрерывную оптимизацию. Попытки в этом направлении, предпринятые в ряде работ (в т.ч. и автором в [11]), удовлетворительных результатов не имели. Новый подход к оценке эффективности принимаемых технических решений (при проектировании и модернизации технических изделий, а также их элиминации) базируется на постулатах технетики [20,28]. В частности, предполагается, что видообразование в техноценозе осуществляется по так называемым видообразующим параметрам. В обобщенном виде эти параметры часто ставятся в соответствие классификационным параметрам назначения видов техники.

Распределение видообразующего параметра W, будучи рассмотрено применительно к особям техноценоза, подпадает под класс ципфовых, и для него может быть определено ранговое параметрическое распределение. Термин «ранговое параметрическое распределение» представляется наиболее точным, т.к. понятие «ранговое» подчеркивает принадлежность к классу ципфовых, а «параметрическое» показывает его отличие от ранговых видовых распределений. Не следует забывать и об его отличии от рангового функционального распределения [11,12,19,20].

Как представляется, важнейшее отличие рангового параметрического распределения (рис. 3.2) заключается в том, что оно, ранжируя особи по параметру W с параметрическим рангом r (непрерывный аналог на рис. 3.2 – x), не перераспределяет их между видами, каждый из которых имеет видовой ранг r_B в ранговом видовом распределении $\Lambda(r_B)$.

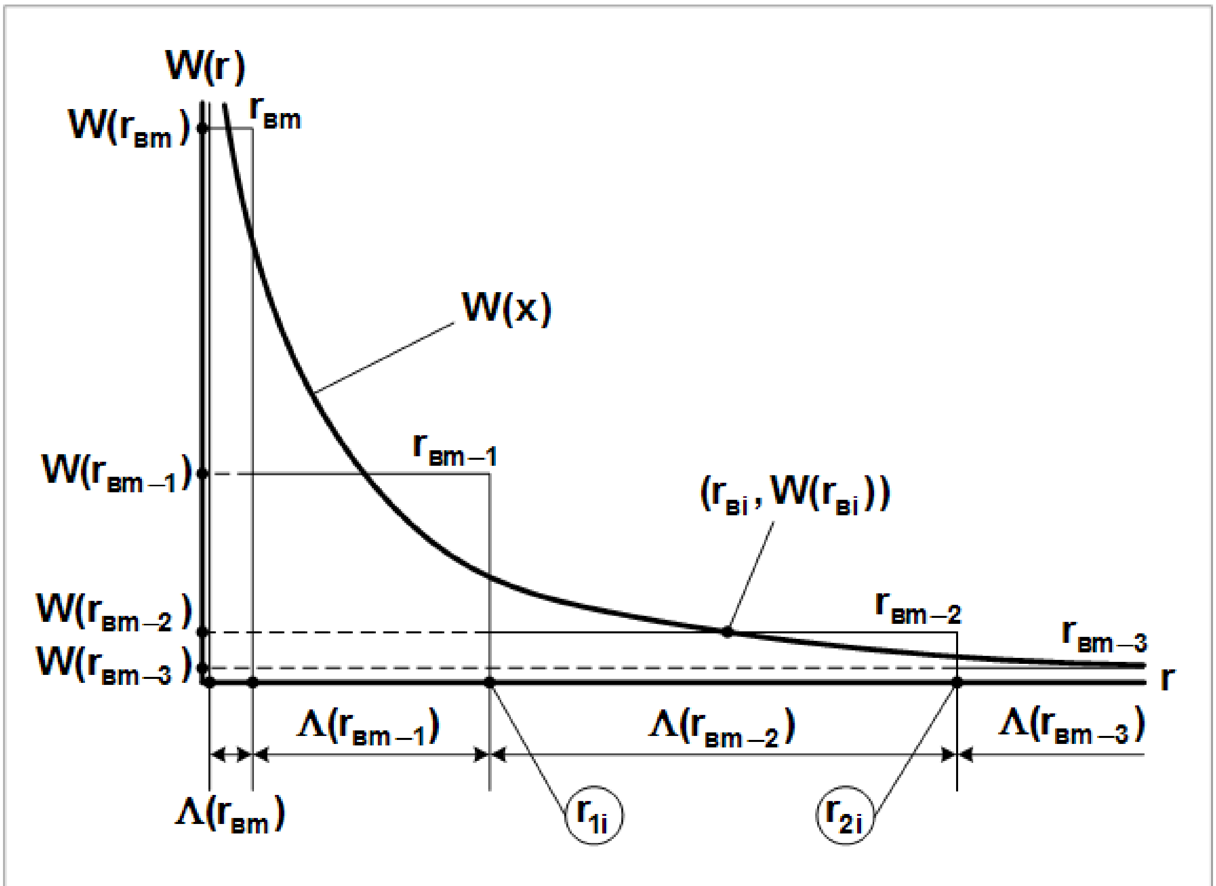

Рис. 3.2. Ранговое параметрическое распределение особей техноценоза по видообразующему параметру (плавная кривая – результат аппроксимации)

Учитывая, что распределение параметра $W(r_B)$ внутри вида относится к классу гауссовых, гиперболы, изображенной на рисунке 3.2, в идеале не существует. Ее можно представить как убывающую кривую, состоящую из отрезков, описывающих гауссово распределение параметра W в пределах соответствующего вида. Следовательно, представляется возможным ввести следующие характеристики i-го вида: r_{Bi} – видовой ранг;

$\Lambda(r_{Bi})$ – мощность (численность) популяции вида в техноценозе; $W(r_{Bi})$ – математическое ожидание (или эмпирическое среднее) параметра W для особей i-го вида (с учетом гауссова характера распределения, может рассматриваться как применительно к виду, так и к популяции).

На рисунке 3.2 изображено упрощенное ранговое параметрическое распределение (ступенчатая линия), построенное по значениям $W(r_{Bi})$. Как представляется, существует и эмпирическое гиперболическое распределение $W(x)$ (плавная кривая на рисунке 3.2), которое может быть построено по абсциссам, соответствующим серединам отрезков на оси x, считая, что каждый отрезок представляет собой своего рода «зону» популяции на данной оси. Соответствующая точка для вида ранга r_{Bm-2} показана на рисунке 3.2 – точка $(r_{Bi}, W(r_{Bi}))$.

Принципиально важно, что форма рангового параметрического распределения, в котором упорядоченно ранжируются не только особи, но и виды, позволяет аналитически выделить фундаментальную взаимосвязь между параметрическим и видовым рангами техноценоза (рис. 3.2 и 3.3).

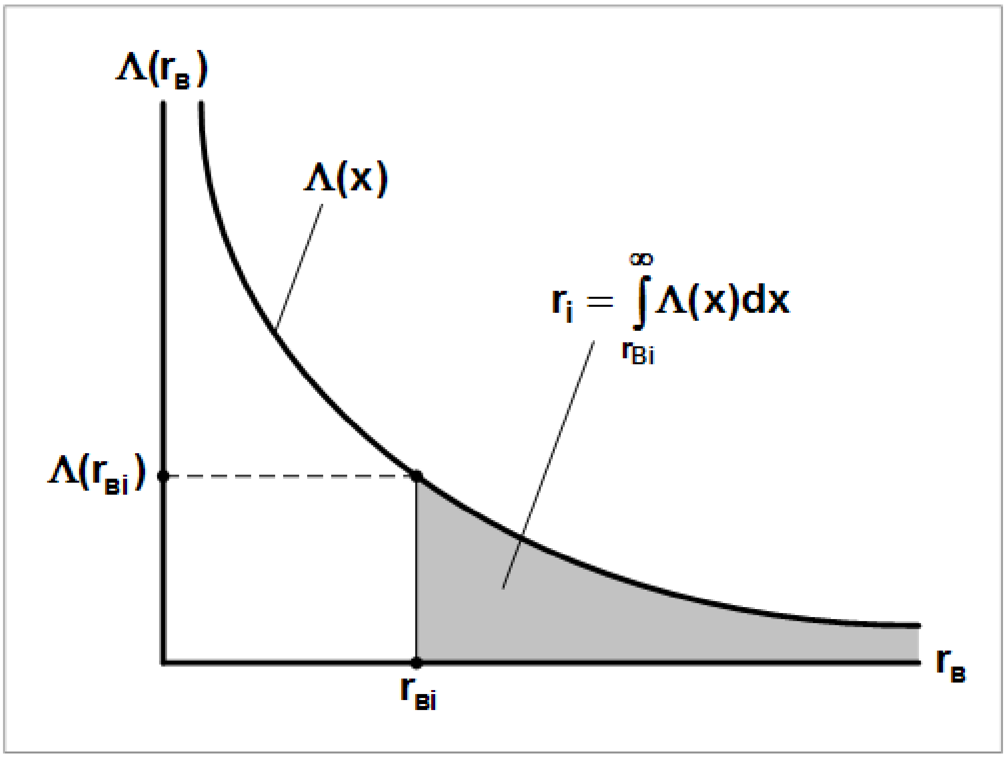

Рис. 3.3. Ранговое видовое распределение техноценоза

Ранговое видовое распределение по определению ранжирует виды техноценоза в соответствии с мощностью их популяции Λ. На рисунке 3.3 приведена гиперболическая аппроксимационная форма данного распределения $\Lambda(x)$. Сопоставляя кривые, изображенные на рисунках 3.2 и 3.3, можно определить интегральную связь между параметрическим рангом r рангового параметрического распределения техноценоза и видовым рангом r_B его рангового видового распределения, которая входит в уравнения закона оптимального построения техноценозов и играет существенную роль в методологии рангового анализа (подробнее – см. [12,20]):

$$r = \int_{r_B}^{\infty} \Lambda(x)dx \,. \tag{3.9}$$

Кроме того, для фиксированного i-го значения видового ранга (см. рис. 3.2) представляется возможным записать выражение, где соответствующие друг другу значения математического ожидания видообразующего параметра $W(r_{Bi})$ и мощности популяции данного вида $\Lambda(r_{Bi})$ в техноценозе находятся в однозначной обратной зависимости:

$$\frac{\int_{r_1}^{r_2} W(x)dx}{W(r_{Bi})} = \Lambda(r_{Bi}), \tag{3.10}$$

где

$$r_1 = \int_{r_{Bi}}^{\infty} \Lambda(x)dx - \Lambda(r_{Bi})/2; \tag{3.11}$$

$$r_2 = \int_{r_{Bi}}^{\infty} \Lambda(x)dx + \Lambda(r_{Bi})/2. \tag{3.12}$$

Уравнение (3.10), полученное из (3.8), как представляется, имеет важное значение в теории техноценозов. Во-первых, если условно рассматривать суммарный ресурс ценоза по параметру W как $\left(\int_0^{\infty} W(x)dx\right)$, а ресурс, реализуемый i-м видом, как числитель (3.10), и принять во внимание критерии оптимальности техноценоза [19,20], то представляется возможным заключить следующее. Требования к форме кривой видового или рангового видового распределения, определяющие энтропию, оптимальную в смысле второго начала [20], можно распространить на совокупность ранговых параметрических распределений данного техноценоза. При этом появляется возможность судить о состоянии, оптимальном в энергетическом смысле. Данный вывод ранее обоснован автором в [7-20].

Во-вторых, при стабильном и устойчивом состоянии техноценоза (числитель (3.10) остается константой), а также известных требованиях к параметрам распределения можно судить об аналитически показанной обратной зависимости между $W(r_B)$ и $\Lambda(r_B)$.

В-третьих, становится понятным, что сколь угодно значительное отклонение параметров разрабатываемого вновь или модернизируемого технического изделия от значений, которые в системе устоявшихся ранговых распределений задаются степенью массовости предполагаемого его применения, в условиях внутренней параметрически-энергетической связанности техноценоза неизбежно повлечет за собой адекватные изменения сопряженных комплиментарных параметров данного вида техники. Попытка внедрения подобного технического решения в инфраструктуру устойчивого техноценоза приведет к его неотвратимой дестабилизации. При этом совершенно неважно, в какую сторону предполагается отклонение параметров. Верно и обратное утверждение: техноценоз будет дестабилизирован также и в том случае, если популяция существующего вида увеличится сверх численности, диктуемой видообразующими параметрами и системой ранговых видовых и параметрических распределений.

Уравнение (3.10) закладывает теоретические основы инженерных методик оценки эффективности принимаемых технических решений. Простейшая методика, опирающаяся на гиперболическую форму ранговых распределений, иллюстрируется рисунком 3.4. Здесь предполагается на основе исходных данных о ключевых видообразующих параметрах вида технического изделия определять требования к его численности в техноценозе. Очевидно, что возможен и обратный ее вариант, когда на основе данных о численности вида техники задаются требования к параметрам. Надо полагать, что первый вариант реализации методики в большей степени подходит к важным, дорогостоящим, крупным видам техники, а второй, наоборот – к менее важным, дешевым и мелким.

Используя расчетные выражения, приведенные на рисунке 3.4, нетрудно определить зависимость между Λ_P и W_P:

$$\ln\Lambda_P = \xi - \eta\cdot\ln W_P, \text{ причем} \tag{3.13}$$

$$\xi = \frac{\ln B\beta_W(\beta_\Lambda - 1) - \beta_W\beta_\Lambda(\ln B - \ln(\beta_\Lambda - 1)) + \beta_\Lambda \ln W_0}{\beta_W(\beta_\Lambda - 1)}; \tag{3.14}$$

$$\eta = \frac{\beta_\Lambda}{\beta_W(\beta_\Lambda - 1)}, \tag{3.15}$$

где B и β_Λ – константы гиперболической формы рангового видового распределения:

$$\Lambda(x) = \frac{B}{x^{\beta_\Lambda}}, \beta_\Lambda \neq 1;$$

W_0 и β_W – константы гиперболической формы рангового параметрического распределения:

$$W(x) = \frac{W_0}{x^{\beta_w}}, \beta_w \neq 0.$$

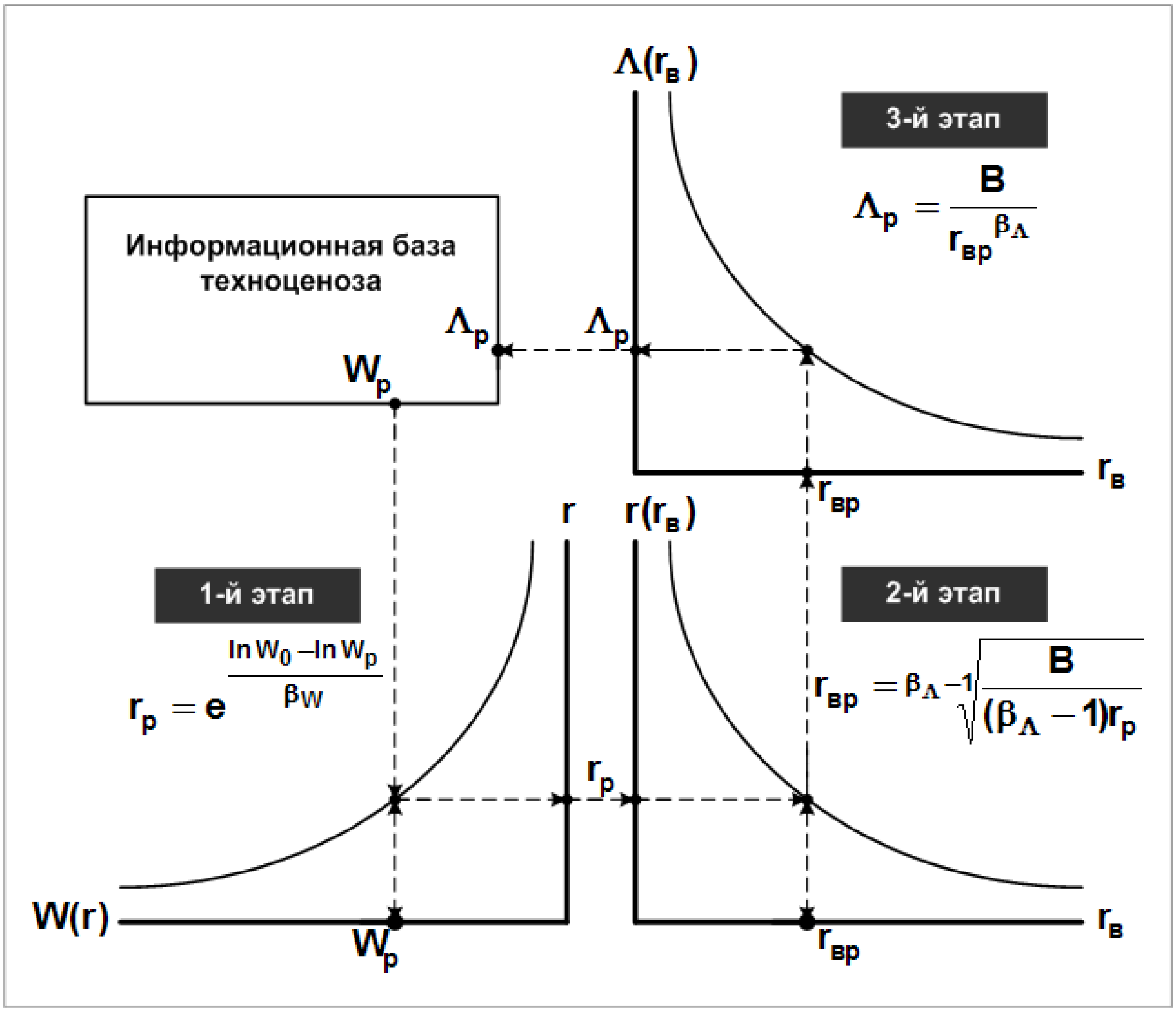

Рис. 3.4. К методике, реализующей техноценологический подход к параметрической оптимизации (индекс «Р» имеют расчетные значения соответствующих параметров техники)

Полученную в данном случае зависимость (3.13) можно считать решением общего уравнения (3.10), однако это решение является лишь частным, ограниченным двухпараметрической гиперболической формой распределений. Для уточнения решения уравнения требуется учет эффекта рангового искажения [60], о котором говорилось в предыдущей главе. Повышение точности при этом будет сопряжено с существенным увеличением объемов расчетов. Тем не менее, заслуживает внимания подтвержденное С.Д. Хайтуном [61] формальное совпадение (3.13) с соответствующими зависимостями, полученными им применительно к наукометрии.

Таким образом, эффективным в техноценологическом смысле представляется такое техническое решение, которое по своим параметрам (в т.ч. и численности) органично вписывается в существующую систему видовых и ранговых распределений техноценоза. Если это решение «внутренне» эффективно и в традиционном смысле (по соотношению «полезный эффект – затраты»), его можно считать не противоречащим законам техноэволюции и внедрять без опасения, что оно может быть отторгнуто обеспечивающей инфраструктурой с объективной необходимостью.

Оптимизация техноценоза наряду с рассмотренной выше параметрической включает и номенклатурную оптимизацию. Техноценологическая теория впервые позволяет поставить вопросы номенклатурной оптимизации на четкую аналитическую основу. Исследования в данной области сдерживаются проблемами зависимости и ограниченности техноценозов, которые впервые поставлены автором в [11,12].

Как представляется, имеется класс так называемых зависимых техноценозов, локальная структура которых формируется не только чисто информационным отбором, но под воздействием и других факторов. Прежде всего на структуру зависимого ценоза может оказывать значительное влияние другой ценоз (ценозы), существующий в тех же пространственно-временных координатах (в той же инфраструктуре) и являющийся доминирующим, иерархически старшим (технологически определяющим) [11,12]. В этом случае, даже если структура доминирующего техноценоза полностью соответствует критериям устойчивости (изложены в ряде работ, в т.ч. и авторских), зависимый техноценоз по своим параметрам может существенно отличаться от канонического состояния (рис. 3.5). В общем случае соотношение между объемами текста и словаря доминирующего и зависимого техноценозов, а также зона их взаимного соответствия (пересечения) могут быть самыми разными.

В качестве критерия видовой (номенклатурной) оптимизации зависимого техноценоза следует рассматривать его соответствие не абстрактному каноническому распределению, а видовой структуре части доминирующего техноценоза, определяющей по отношению к оптимизируемому (в качестве абстрактного примера можно рассмотреть участок гиперболической кривой между точками «а» и «б» на рисунке 3.5). При этом она, будучи рассматриваема изолированно, как правило, обладает принципиальной избыточной унификацией или ассортицей, которую необходимо учитывать в процессе оптимизации техноценоза.

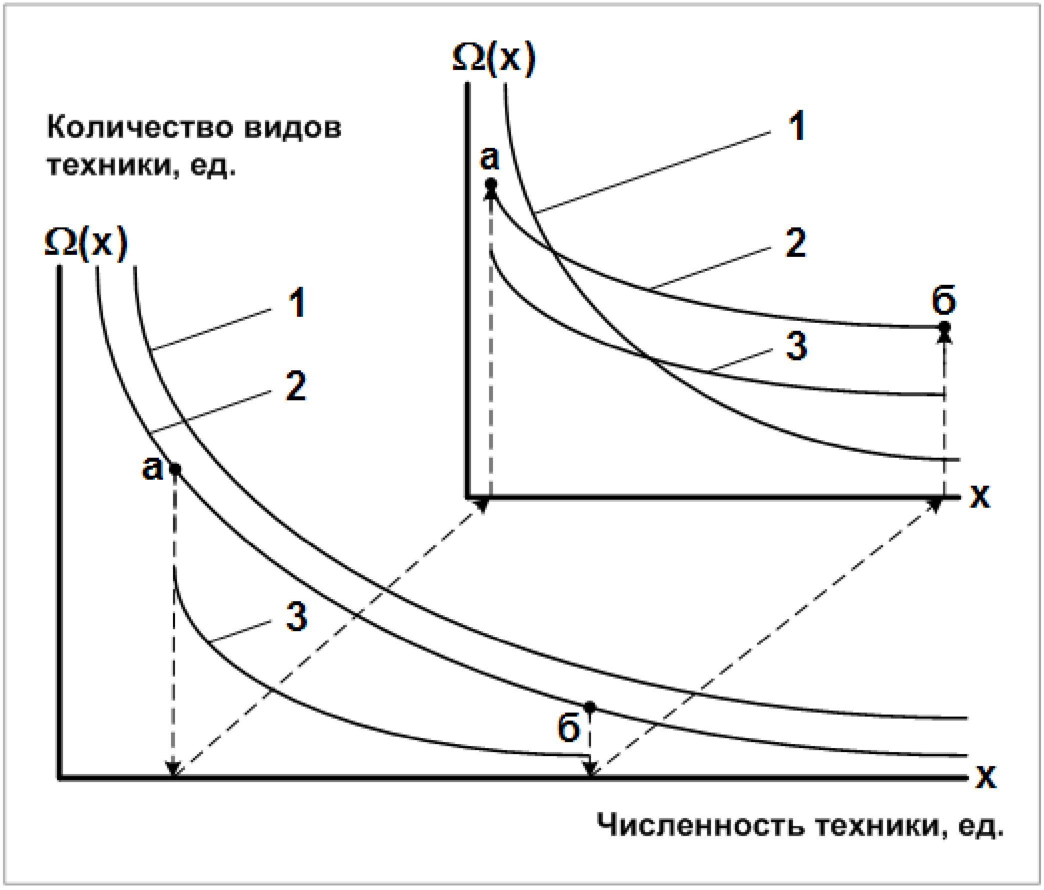

Рис. 3.5. Качественные соотношения между видовыми распределениями техноценозов:
1 – канонического; 2 – доминирующего; 3 – зависимого

Принципиальную избыточность техноценоза предлагается учитывать модификацией требований к его ноевой касте. Так, при избыточной унификации ноеву касту необходимо расширить за счет видов, популяции которых насчитывают две и более особей. При избыточной ассортице, наоборот, из ноевой касты необходимо исключить часть видов. В любом случае эта каста должна быть приведена к каноническому виду (40 – 60 % словаря и 4 – 6 % текста) [19,20,28,41].

Опираясь на двухпараметрическую аналитическую модель видового распределения техноценоза (см. главу 2), можно получить следующее уравнение, связывающее между собой параметр α, объем ноевой касты ϖ_1 и значение аргумента, соответствующее пойнтер-точке (R) [19,20]:

$$R^{1+\alpha} = \frac{\alpha \varpi_1}{1 - \frac{1}{2^{\alpha}}}. \qquad (3.16)$$

Учитывая, что в процессе предложенной выше эмпирической модификации ноевой касты определяющей части доминирующего ценоза (в замен исходного параметра доминирующего техноценоза ϖ_1^{D} вводится модифицированный ϖ_1^{D*}) метрика не изменяется (остается неизменным исходное значение пойнтер-точки $R^{D} = R^{D*}$), по уравнению (3.16) нетрудно получить модифицированный параметр α^{D*} и далее

$$\varpi_1^{D*} = R^{D*^{\left(1+\alpha^{D*}\right)}}. \tag{3.17}$$

Таким образом, для зависимого техноценоза в процессе номенклатурной оптимизации в качестве критериальных представляется целесообразным рассматривать модифицированные параметры определяющей части видового распределения доминирующего ценоза $\alpha^{D*}, \varpi_0^{D*}, \varpi_1^{D*}, R^{D*}$. Кроме того, важно учитывать соотношение между объемами первоначальной и модифицированной ноевых каст, рассматриваемое как коэффициент исходной избыточной унификации (ассортицы) [11,12,19,20]:

$$m = \frac{\varpi_1^{D*}}{\varpi_1^{D}}. \tag{3.18}$$

Объем модифицированной ноевой касты видового распределения зависимого техноценоза предлагается определять следующим образом:

$$\varpi_1^{Z*} = \sum_{j=1}^{[k \cdot m]} \varpi_j^{Z}, \tag{3.19}$$

где $k = \dfrac{U^{Z}}{U^{D}}$ – коэффициент, учитывающий избыточность зависимого ценоза (с числом особей U^{Z}) по отношению к определяющей части доминирующего (U^{D}) [12,20];

j – формальный индекс суммирования при расчете объема ноевой касты (диапазон – от 1 до $[k \cdot m]$).

Модифицированный параметр ϖ_0^{Z*} может быть получен из следующего выражения, опирающегося на известную из [71] аналитическую модель видового распределения [12,19,20]:

$$\varpi_0^{Z*} = \int_0^{(k \cdot m)} \frac{\varpi_0^Z}{x^{1+\alpha^Z}} dx, \tag{3.20}$$

где ϖ_0^Z и α^Z – реальные параметры видового распределения зависимого техноценоза.

Второй модифицированный параметр зависимого техноценоза α^{Z*} определяется подстановкой в полученное ранее уравнение (3.16) значений ϖ_1^{Z*} и $R^{Z*} = R^Z = \sqrt[1+\alpha^{Z*}]{\varpi_0^{Z*}}$ (пойнтер-точка [19,20,41,71]).

Параметры распределений связаны с количеством видов (S^D – для определяющей части доминирующего техноценоза и S^Z – для зависимого) следующей системой уравнений, полученной на основе (3.16):

$$\begin{cases} R^{D*^{\left(1+\alpha^{D*}\right)}} = \alpha^{D*} \cdot S^D; \\ R^{Z*^{\left(1+\alpha^{Z*}\right)}} = \alpha^{Z*} \cdot S^Z. \end{cases} \tag{3.21}$$

Понимая под формальной номенклатурной оптимизацией техноценоза определение коэффициента требуемой унификации (ассортицы) зависимого техноценоза $q_{y(a)}$, разделив первое уравнение (3.21) на второе и выразив требуемое отношение, можно записать следующее равенство:

$$q_{y(a)} = \frac{S^D}{S^Z} = \frac{\alpha^{Z*} \cdot R^{D*^{\left(1+\alpha^{D*}\right)}}}{\alpha^{D*} \cdot R^{Z*^{\left(1+\alpha^{Z*}\right)}}}. \tag{3.22}$$

Таким образом, представляется показанным, что сокращение или расширение номенклатуры техноценоза с учетом коэффициента требуемой унификации (ассортицы) приводит его видовую структуру в соответствие со структурой доминирующего и может рассматриваться как дополнительный критерий номенклатурной оптимизации. Кроме того, предлагаемая методика (применяемая с аналитическими оптимизирующими процедурами в рамках общей авторской концепции наряду с параметрической оптимизацией) позволяет перейти от трудно формализуемых эвристических схем к полноценным корректным и связанным аналитическим алгоритмам, о которых подробно будет идти речь в следующем параграфе.