ТЕХНОЦЕНОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНИКИ

В.И. Гнатюк

Оптимизация столь сложной системы как техноценоз [1-8] должна осуществляться одновременно на двух уровнях. Оптимизация на микроуровне сводится к совершенствованию отдельных технических изделий-особей по критерию «полезный эффект – затраты» [9]. Этому направлению посвящено значительное число исследований, и в данной работе оно не затрагивается. Оптимизация на макроуровне требует общесистемного подхода [10]. 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), удовлетворительных результатов не имели. Кибернетический подход к оценке эффективности принимаемых технических решений (при проектировании и модернизации технических изделий, а также их элиминации) базируется на постулатах технетики [1]. 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.

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 введенного нами рангового функционального распределения.

Как представляется, важнейшее отличие данного рангового параметрического распределения (рис. 1) заключается в том, что оно, ранжируя особи по параметру W с параметрическим рангом r (непрерывный аналог на рис. 1 – x), не перераспределяет их между видами, каждый из которых имеет видовой ранг r_B в ранговом видовом распределении $\Lambda(r_B)$. Учитывая, что распределение параметра $W(r_B)$ внутри вида относится к классу гауссовых, гиперболы, изображенной на рисунке 1, в идеале не существует. Ее можно представить как постоянно убывающую кривую, состоящую из криволинейных отрезков, описывающих гауссово распределение параметра W в пределах соответствующего вида техники техноценоза.

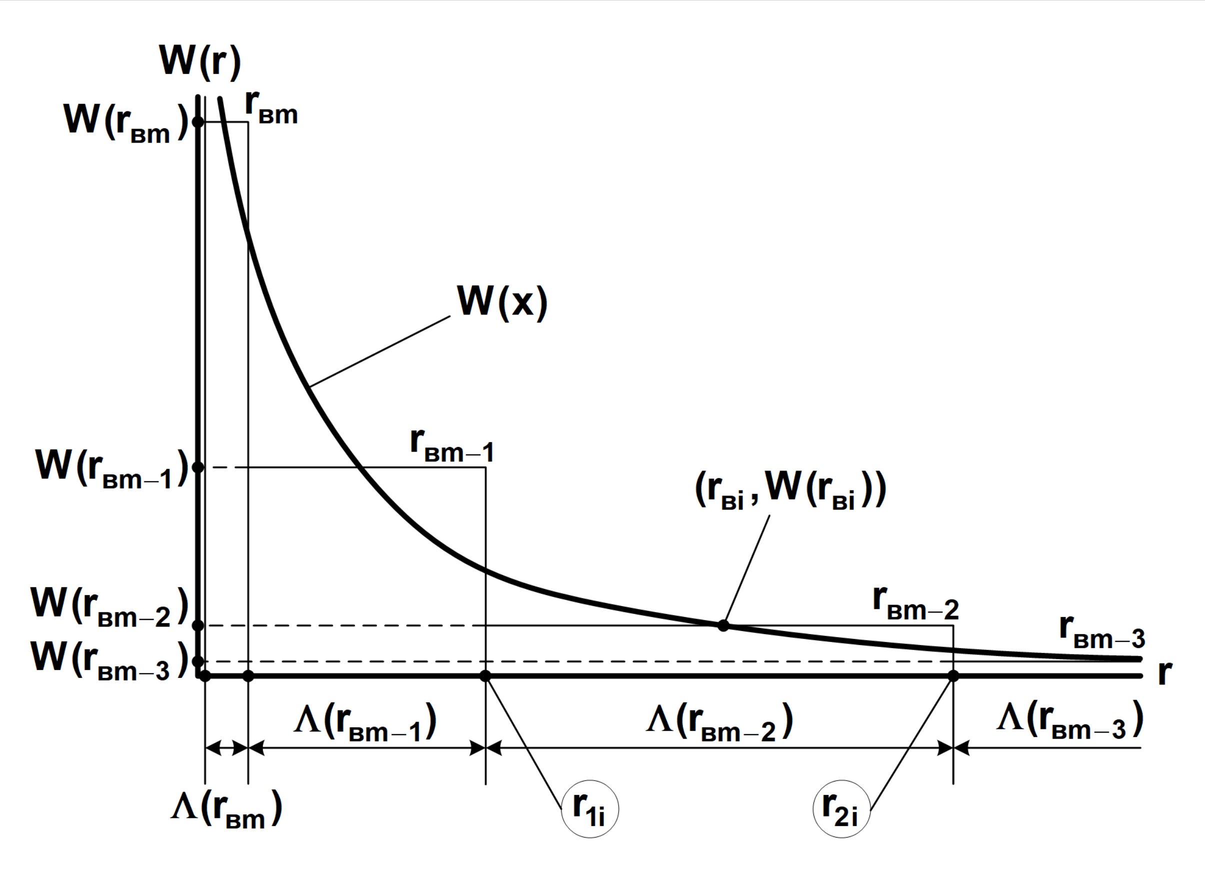

Рис. 1. Ранговое параметрическое распределение особей техноценоза по видообразующему параметру W

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 (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 1 изображено упрощенное ранговое параметрическое распределение (тонкая ступенчатая линия), построенное по значениям $W(r_{Bi})$. Как представляется, существует и эмпирическое гиперболическое распределение $W(x)$ (плавная кривая на рисунке 1), которое может быть построено по абсциссам, соответствующим серединам отрезков на оси x, считая, что каждый отрезок представляет собой своего рода «зону» популяции техноценоза на данной оси. Соответствующая точка для вида ранга r_{Bm-2} показана на рисунке 1 – это 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. 1 и 2).

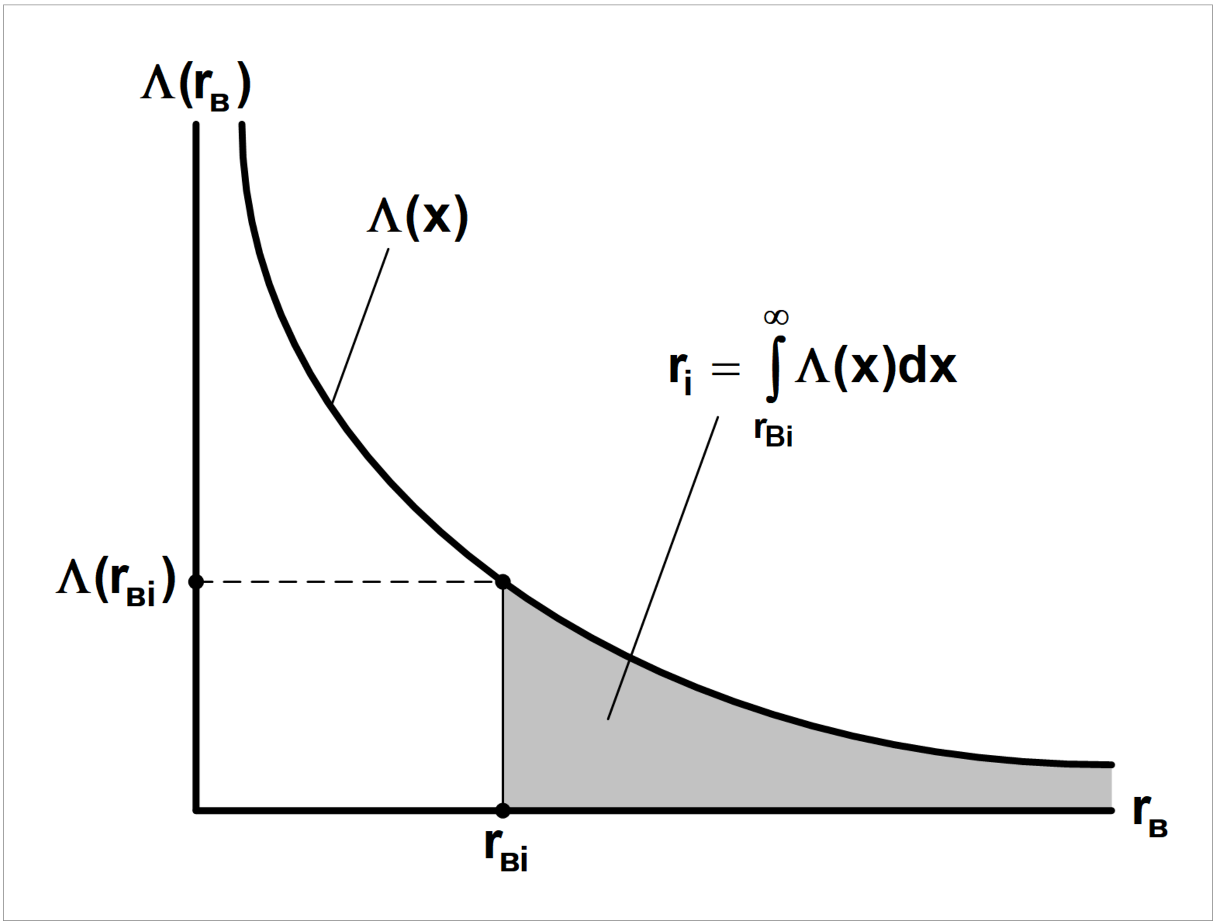

Рис. 2. Связь между рангами техноценоза

Ранговое видовое распределение по определению ранжирует виды техноценоза в соответствии с мощностью их популяции Λ. На рисунке 2 приведены гиперболическая форма данного распределения и двухпараметрический вариант аппроксимирующей функции $\Lambda(x)$. Сопоставляя распределения, изображенные на рисунках 1 и 2, можно определить интегральную связь между параметрическим рангом r рангового параметрического распределения техноценоза и видовым рангом r_B его рангового видового распределения, которая играет центральную роль в рассматриваемой здесь методологии оценки эффективности технических изделий:

$$r = \int_{r_B}^{\infty} \Lambda(x)dx. \tag{1}$$

Кроме того, для фиксированного i-го значения видового ранга представляется возможным записать выражение, где соответствующие друг другу значения математического ожидания видообразующего параметра

$W(r_{Bi})$ и мощности популяции данного вида техники $\Lambda(r_{Bi})$ в техноценозе находятся в однозначной обратной зависимости (рис. 1):

$$\frac{\int\limits_{r_1}^{r_2} W(x)dx}{W(r_{Bi})} = \Lambda(r_{Bi}), \qquad (2)$$

где

$$r_1 = \int\limits_{r_{Bi}}^{\infty} \Lambda(x)dx - \Lambda(r_{Bi})/2; \qquad (3)$$

$$r_2 = \int\limits_{r_{Bi}}^{\infty} \Lambda(x)dx + \Lambda(r_{Bi})/2. \qquad (4)$$

Уравнение (2), как представляется, имеет важное значение в теории техноценозов. Во-первых, если условно рассматривать суммарный ресурс ценоза по параметру W как $\left(\int\limits_{0}^{\infty} W(x)dx\right)$, а ресурс, реализуемый i-м видом, как числитель (2), и принять во внимание критерии оптимальности техноценоза (Н-распределение [1-4,6-8]), то представляется возможным заключить следующее. Требования к форме кривой видового или рангового видового распределения, определяющие энтропию, оптимальную в смысле простых чисел [1], можно распространить на совокупность ранговых параметрических распределений данного техноценоза. При этом появляется возможность судить о состоянии, оптимальном в энергетическом смысле. Несмотря на то, что ранее данная мысль высказывалась в отдельных работах, требуется ее дальнейшее математическое обоснование.

Во-вторых, при стабильном и устойчивом состоянии техноценоза (числитель выражения (2) является 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 данных параметров. Верно и обратное утверждение: техноценоз будет дестабилизирован также и в том случае, если популяция существующего вида техники увеличится сверх численности, диктуемой видообразующими параметрами и системой ранговых распределений техноценоза.

Уравнение (2), кроме всего прочего, закладывает теоретические основы для разработки инженерных методик оценки эффективности принимаемых технических решений (в пределе – автоматизированных систем поддержки принятия решений или СППР). Простейшая методика, опирающаяся на гиперболическую форму ранговых распределений (данная форма, правда, в последнее время подвергается заслуженной критике в ряде работ, в частности – [5]), иллюстрируется рисунком 3.

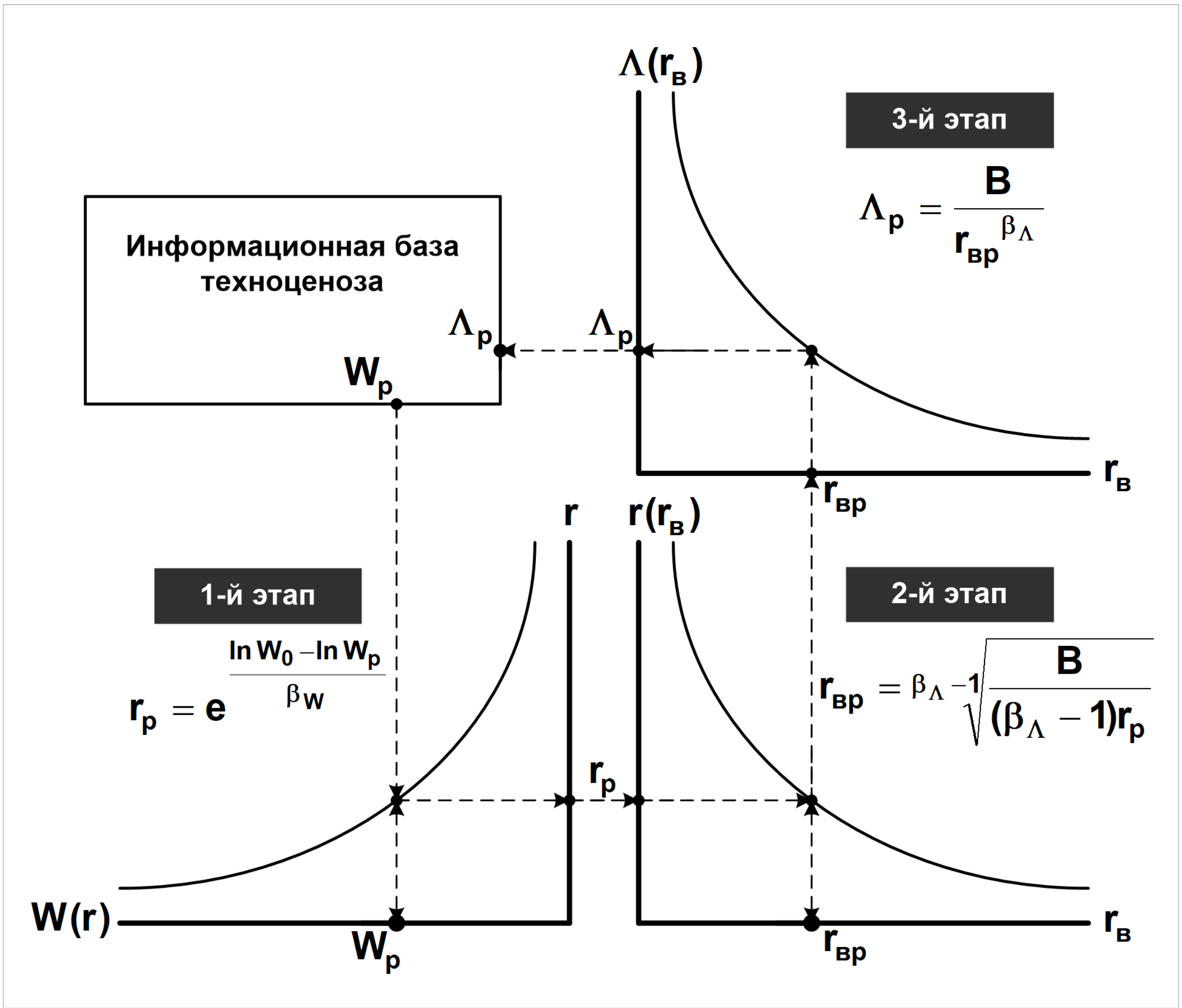

Рис. 3. К методике, реализующей техноценологический подход к параметрической оптимизации: индекс «р» имеют все расчетные значения соответствующих параметров техники

В данной методике предполагается на основе исходных данных о ключевых видообразующих параметрах вида технического изделия определять требования к его численности в техноценозе. Очевидно, что возможен и обратный 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, нетрудно определить зависимость между Λ_p и W_p:

$$\ln \Lambda_P = \xi - \eta \cdot \ln W_P, \tag{5}$$

где
$$\xi = \frac{\ln B \beta_W (\beta_\Lambda - 1) - \beta_W \beta_\Lambda (\ln B - \ln(\beta_\Lambda - 1)) + \beta_\Lambda \ln W_0}{\beta_W (\beta_\Lambda - 1)}; \tag{6}$$

$$\eta = \frac{\beta_\Lambda}{\beta_W (\beta_\Lambda - 1)}; \tag{7}$$

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:

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

Полученную в данном случае зависимость (5) можно считать (в известном смысле) решением общего уравнения (2), однако это решение является лишь частным, ограниченным двухпараметрической гиперболической формой ранговых параметрических распределений. Для уточнения решения уравнения требуется учет эффекта рангового искажения [5]. Повышение точности при этом будет сопряжено с существенным увеличением объемов расчетов. Тем не менее, заслуживает внимания подтвержденное С.Д. Хайтуном формальное совпадение (5) с соответствующими зависимостями, полученными применительно к наукометрии [5].

Таким образом, эффективным в кибернетическом (точнее – техноценологическом) смысле представляется такое техническое решение, которое по своим параметрам органично вписывается в существующие видовые и ранговые распределения техноценоза. Если решение «внутренне» эффективно и в традиционном конструкторском смысле (по соотношению «полезный эффект – затраты»), его можно считать не противоречащим законам техноэволюции и внедрять без опасения, что оно может быть отторгнуто инфраструктурой с объективной необходимостью.

Как представляется, 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. Дело в том, что отдельно существующих техноценозов в их классическом понимании (в смысле простых чисел Б.И. Кудрина) не существует. Рассмотрение техноценозов как ограниченной в пространстве и времени взаимосвязанной совокупности изделий-особей, обладающих слабыми связями, оставляет пока открытым вопрос о взаимопроникновении и взаимодействии техноценозов, а также об их иерархической взаимозависимости. Конвенционность систем отсчета и фрактальность видообразования в ряде случаев существенно затрудняют применение классических критериев устойчивости Н-распределения [1-4].

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). В этом случае, даже если структура доминирующего техноценоза полностью соответствует критериям устойчивости, зависимый техноценоз по своим параметрам может существенно отличаться от канонического состояния. В общем случае соотношение между объемами текста и словаря доминирующего и зависимого техноценозов, а также зона их взаимного соответствия (пересечения) могут быть самыми разными (рис. 4).

В качестве критерия видовой (точнее, номенклатурной) оптимизации зависимого техноценоза следует рассматривать его соответствие не абстрактному идеальному 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 4). При этом она, будучи рассматриваема изолированно, как правило, обладает принципиальной избыточной унификацией или ассортицей, которую необходимо учитывать при оптимизации номенклатуры.

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 техноценоза. В любом случае данная каста должна быть приведена к каноническому виду (40 – 60 % словаря и 4 – 6 % текста) [1-4,6-8].

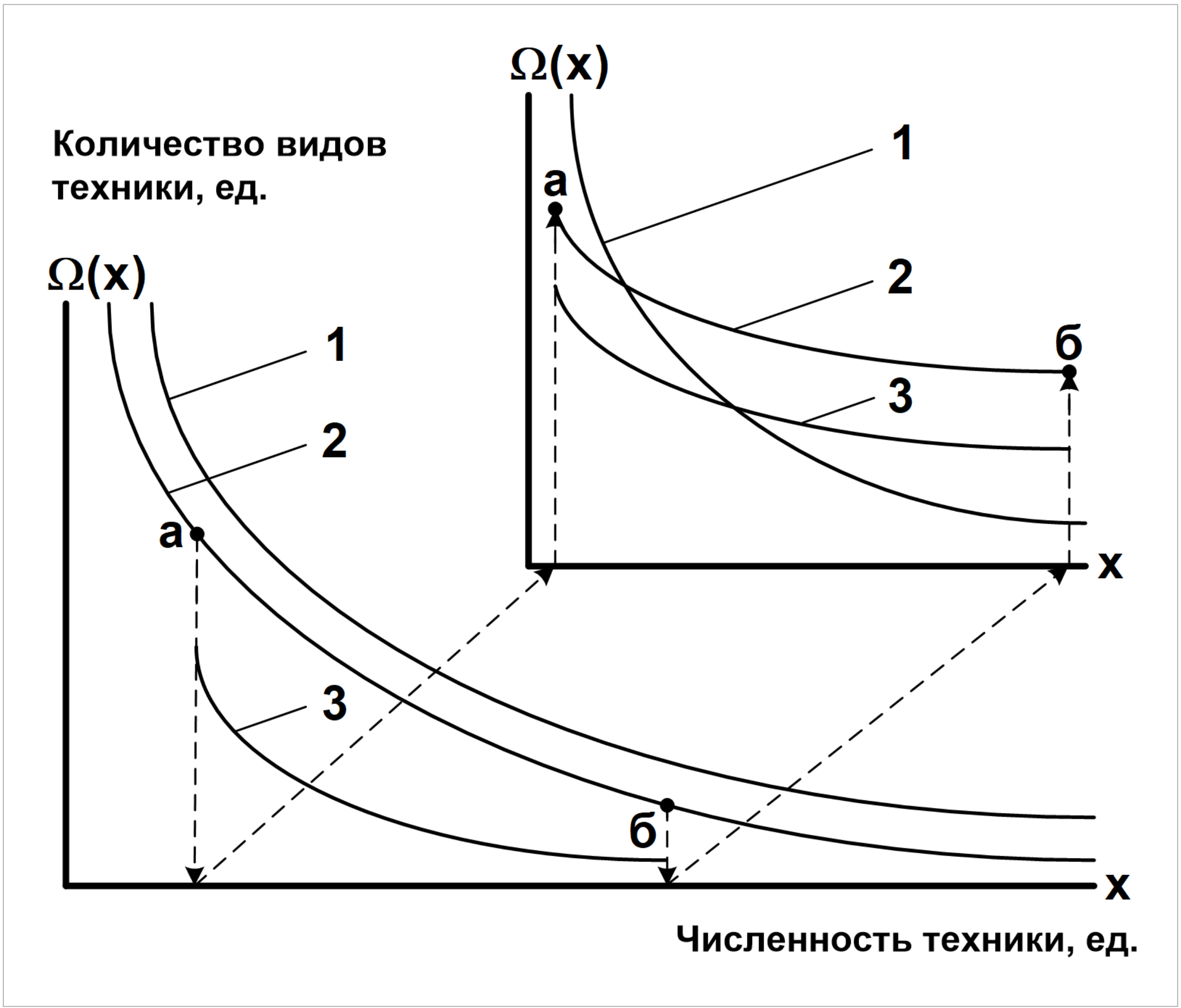

Рис. 4. Качественные соотношения между видовыми распределениями взаимозависимых техноценозов: 1 – канонического; 2 – доминирующего; 3 – зависимого

Опираясь на известную двухпараметрическую аналитическую модель видового распределения техноценоза, можно получить следующее уравнение, связывающее между собой параметр α, объем ноевой касты ϖ_1 и значение аргумента, соответствующее пойнтер-точке (R) [6]:

$$R^{1+\alpha} = \frac{\alpha\varpi_1}{1-\frac{1}{2^{\alpha}}}. \tag{8}$$

Учитывая, что в процессе предложенной выше эмпирической модификации ноевой касты определяющей части доминирующего ценоза (взамен исходного параметра доминирующего техноценоза $\varpi_1^{Д}$ вводится модифицированный $\varpi_1^{Д*}$) метрика не изменяется (остается неизменным исходное значение пойнтер-точки $R^{Д} = R^{Д*}$), по уравнению (8) нетрудно получить модифицированный параметр $\alpha^{Д*}$. Далее имеем:

$$\varpi_1^{Д*} = R^{Д*^{\left(1+\alpha^{Д*}\right)}}. \tag{9}$$

Таким образом, для зависимого техноценоза в процессе номенклатурной оптимизации в качестве критериальных необходимо рассматривать модифицированные параметры определяющей части видового распределения доминирующего ценоза $\left(\alpha^{Д*}, \varpi_0^{Д*}, \varpi_1^{Д*}, R^{Д*}\right)$. Кроме того, важно учитывать соотношение между объемами первоначальной и модифицированной ноевых каст, рассматриваемое как коэффициент исходной избыточной унификации (или ассортицы) техноценоза:

$$m = \frac{\varpi_1^{Д*}}{\varpi_1^{Д}}. \tag{10}$$

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

$$\varpi_1^{З*} = \sum_{j=1}^{(k \cdot m)} \varpi_j^{З}, \tag{11}$$

где $k = \dfrac{U^{З}}{U^{Д}}$ – коэффициент, учитывающий принципиальную избыточность номенклатуры зависимого ценоза (с числом особей в тексте $U^{З}$) по отношению к определяющей части доминирующего (с числом особей $U^{Д}$), которая может быть определена путем анализа технологических особенностей на уровне особей ценозов;

j – формальный индекс суммирования, который в процессе расчете объема ноевой касты техноценоза изменяющийся в диапазоне от 1 до $(k \cdot m)$.

Модифицированный параметр $\varpi_0^{З*}$ может быть получен из выражения, опирающегося на аналитическую модель видового распределения [6]:

$$\varpi_0^{З*} = \int\limits_0^{(k\cdot m)} \frac{\varpi_0^З}{x^{1+\alpha^З}} dx, \qquad (12)$$

где $\varpi_0^З$ и $\alpha^З$ – реальные параметры видового распределения.

Второй модифицированный параметр зависимого техноценоза $\alpha^{З*}$ определяется подстановкой в записанное выше уравнение (8) значений $\varpi_1^{З*}$ и $\left(R^{З*} = R^З = \sqrt[1+\alpha^{З*}]{\varpi_0^{З*}}\right)$ (пойнтер-точка [1-4,6,7]).

Параметры распределений связаны с количеством видов ($S^Д$ – для определяющей части доминирующего техноценоза и $S^З$ – для зависимого) следующей системой уравнений, полученной на основе зависимости (8):

$$\begin{cases} R^{Д*^{\left(1+\alpha^{Д*}\right)}} = \alpha^{Д*} \cdot S^Д; \\ R^{З*^{\left(1+\alpha^{З*}\right)}} = \alpha^{З*} \cdot S^З. \end{cases} \qquad (13)$$

Понимая под формальной номенклатурной оптимизацией техноценоза определение коэффициента требуемой унификации (ассортицы) зависимого техноценоза $q_{у(а)}$, разделив первое уравнение системы (13) на второе и выразив требуемое отношение, можно записать равенство:

$$q_{у(а)} = \frac{S^Д}{S^З} = \frac{\alpha^{З*} \cdot R^{Д*^{\left(1+\alpha^{Д*}\right)}}}{\alpha^{Д*} \cdot R^{З*^{\left(1+\alpha^{З*}\right)}}}. \qquad (14)$$

Представляется показанным, что сокращение или расширение номенклатуры техноценоза с учетом $q_{у(а)}$ приводит его видовую структуру в соответствие со структурой доминирующего и может рассматриваться как дополнительный критерий номенклатурной оптимизации. Кроме того, предлагаемая методика позволяет перейти от трудно формализуемых эвристических схем к полноценным связанным аналитическим алгоритмам.

Вывод

Таким образом, в настоящей статье разработан аналитический аппарат параметрической и номенклатурной оптимизации, который в совокупности можно интерпретировать как теоретические основы методологии оптимального построения техноценозов. Показана свертываемость континуума ранговых параметрических распределений к ранговому видовому распределению техноценоза в целом, задающая механизм оптимизации, включающий процедуры номенклатурной и параметрической оптимизации (при самодостаточности последней, которая при определенных условиях неизбежно ведет к номенклатурной в общем процессе оптимизации). Цикличное выполнение процедур номенклатурной и параметрической оптимизации в рамках авторской концепции задает механизм оптимизации техноценозов, объединяющий кибернетический и параметрический уровни, макроскопические и микроскопические, общегосударственные и ведомственные интересы, меристический и холистический подходы.

Литература

1. Кудрин Б.И. Введение в технетику. – Томск: Изд-во ТГУ, 1993. – 552 с.
2. Кудрин Б.И. Проблемы создания и управления ценозами искусственного происхождения // Кибернетические системы ценозов: Синтез и управление. – М.: Издательство «Наука», 1991. – С. 5 – 17.
3. Кудрин Б.И. Античность. Символизм. Технетика. – М.: Издательство «Электрика», 1995. – 120 с.
4. Кудрин Б.И., Жилин Б.В. и др. Ценологическое определение параметров электропотребления многономенклатурных производств. – Тула: Приокское книжное издательство, 1994. – 122 с.
5. Хайтун С.Д. Проблемы количественного анализа науки. – М.: Издательство «Наука», 1989. – 280 с.
6. Якимов А.Е. Имитационные модели статического состояния ценоза // Кибернетические системы ценозов: Синтез и управление. – М.: Издательство «Наука», 1991. – С. 27 – 36.
7. Кудряшов С.А. Классификация в системных исследованиях. – М.: Издательство «Электрика», 1995. – 38 с.
8. Яблонский А.И. Стохастические модели научной деятельности. – В кн.: Системные исследования, 1975. – М.: Наука, 1976. – С. 5 – 42.
9. Максимей И.В. Имитационное моделирование на ЭВМ. – М.: Издательство «Радио и связь», 1988. – 231 с.
10. Майзер Х., Эйджин Н., Тролл Р. и др. Исследование операций: В 2-х томах. – Т. 1. – М.: Издательство «Мир», 1981. – 640 с.