

3.4. Параметрическое нормирование в техноценозе

Основной задачей рангового анализа является оптимизация (точнее – оптимальное управление [20]), то есть определение направлений и критериев улучшения уже существующего техноценоза. В редких случаях осуществляется полномасштабный синтез оптимальной структуры техноценоза, так сказать, «с нуля». Это делается, когда техноценоз еще не существует, а только проектируется. Оптимизация является одной из сложнейших проблем техноценологической теории, и ей посвящено значительное число работ. К настоящему времени достаточно хорошо обоснованы следующие семь процедур [20]: 1) определение направления трансформации рангового видового распределения; 2) устранение аномальных отклонений на видовом распределении; 3) верификация номенклатурной оптимизации техноценоза; 4) параметрическая оптимизация по видообразующим параметрам; 5) параметрическое нормирование; 6) параметрический синтез; 7) параметрическая оптимизация по функциональным параметрам. Важно учитывать, что оптимизационные процедуры в техноценозе, как правило, реализуются комплексно и позволяют решать ряд задач (рис. 3.12) [19,20].

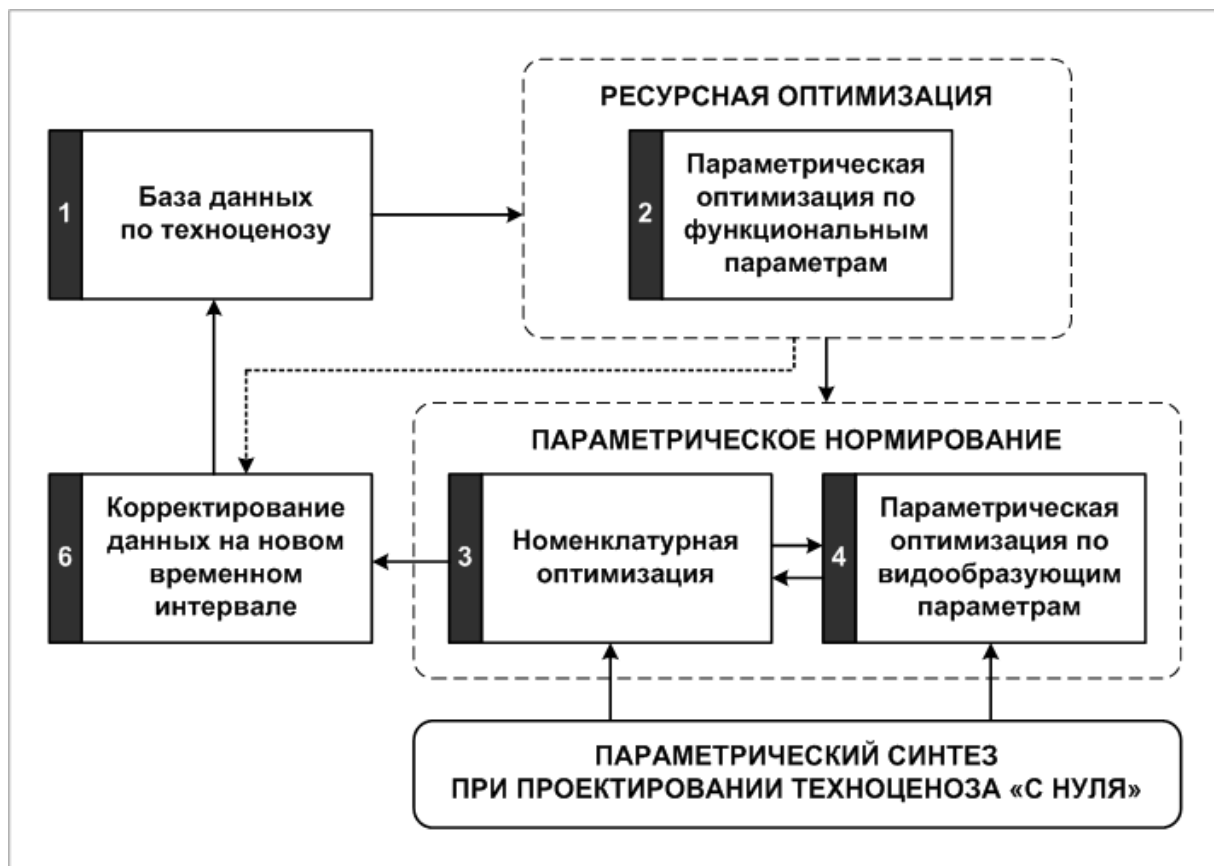


Рис. 3.12. Основные этапы оптимизации техноценоза

Ключевой оптимизационной процедурой является параметрическое нормирование, под которым подразумевается процедура оптимального управления номенклатурой техноценоза, заключающаяся в установлении фундаментальной связи между ранговым видовым и ранговыми параметрическими распределениями, что позволяет формировать систему ограничивающих требований к основным параметрам и численности видов техники, нацеленную на стабильное развитие техноценоза. Связь между ранговыми распределениями основана на третьем уравнении закона оптимального построения техноценозов, которое имеет вид [19,20]:

$$\int_{r_{ji}}^{r_{ji+1}} W_j(x) dx = \Lambda(r_{Bi}) \cdot M[W_j(r_{ji})] = W_{ji\Sigma} = \text{const}, \quad (3.35)$$

где $W_j(r)$ – ранговое параметрическое распределение особей техноценоза по j -му параметру;
 $\Lambda(r_B)$ – ранговое видовое распределение техноценоза;
 r_{ji} – ранг i -го вида по j -му параметру;
 r_{Bi} – видовой ранг i -го вида техноценоза;
 $\Lambda(r_{Bi})$ – количество особей i -го вида в техноценозе (мощность популяции);
 $M[W_j(r_{ji})]$ – математическое ожидание значения j -го параметра для популяции особей i -го вида (в расчетах принимается средневидовое значение параметра);
 $W_{ji\Sigma}$ – суммарный j -й параметрический ресурс, требуемый i -му виду для выполнения предназначения;
 x – непрерывный аналог ранга.

Технологически суть параметрического нормирования заключается в том, что в совмещенной системе координат строятся ранговое видовое и ранговое параметрическое распределения по видообразующему параметру, а также особый график, связывающий параметрический и видовой ранги техноценоза. Последний строится на основе четвертого уравнения закона оптимального построения техноценозов, отражающего фундаментальную связь между параметрическим и видовым рангами техноценоза. Данное интегральное уравнение впервые получено и использовано в [12], а подробно теоретически обосновано в [19,20]. Оно имеет следующий вид:

$$r_{ji} = \int_{r_{Bi}}^{\infty} \Lambda(x) dx, \quad (3.36)$$

где r_{ji} – ранг i -го вида по j -му параметру;
 $\Lambda(x)$ – ранговое видовое распределение техноценоза;
 r_{Bi} – видовой ранг i -го вида;
 x – непрерывный аналог ранга.

Полученная номограмма позволяет, задавшись требованиями по численности вида, определить целесообразные значения его видообразующих параметров, либо наоборот, зная параметры, формулировать рекомендации к мощности популяции вида в техноценозе (показано в п. 2.3). Теоретические основы данной процедуры содержатся в следующем уравнении (впервые записанном в [12]), которое фактически является следствием (3.35), полученным для отдельно взятого видообразующего параметра:

$$\frac{\int_{r_{ji}}^{r_{ji+1}} W(x) dx}{M[W_j(r_{ji})]} = \Lambda(r_{Bi}), \quad (3.37)$$

где $r_{ji} = \int_{r_{Bi}}^{\infty} \Lambda(x) dx - \Lambda(r_{Bi})/2$ и $r_{ji+1} = \int_{r_{Bi}}^{\infty} \Lambda(x) dx + \Lambda(r_{Bi})/2$;
 $W(r)$ – ранговое параметрическое распределение;
 $\Lambda(r)$ – ранговое видовое распределение;
 r_{ji} и r_{ji+1} – ранговые границы i -го вида на ранговом распределении по j -му видообразующему параметру;
 $M[W_j(r_{ji})]$ – математическое ожидание значения j -го параметра для популяции особей i -го вида;
 $\Lambda(r_{Bi})$ – количество особей i -го вида в техноценозе (мощность популяции данного вида техники);
 r_{Bi} – видовой ранг i -го вида техноценоза;
 x – непрерывный аналог ранга.

Уравнение (3.37) фактически закладывает теоретические основы научно-технической политики, которая должна проводиться в отраслях экономики и техноценозах. 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 вариант, когда на основе данных о численности задаются требования к параметрам. Известно, что первый вариант в большей

степени подходит к дорогостоящим, уникальным, крупным видам техники, а второй, наоборот – к дешевым, унифицированным и мелким.

Используя хорошо известную двухпараметрическую гиперболическую форму ранговых распределений, нетрудно получить балансное уравнение (впервые выведенное в [12] и теоретически обоснованное в [19]):

$$\ln \Lambda_P = \xi - \eta \cdot \ln W_P, \quad (3.38)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \xi = \frac{\ln \Lambda_1 \beta_W (\beta_\Lambda - 1) - \beta_W \beta_\Lambda (\ln \Lambda_1 - \ln(\beta_\Lambda - 1)) + \beta_\Lambda \ln W_1}{\beta_W (\beta_\Lambda - 1)}, \\ \eta = \frac{\beta_\Lambda}{\beta_W (\beta_\Lambda - 1)}, \end{array} \right.$$

где Λ_P и W_P – расчетные значения параметров;
 Λ_1 и β_Λ – константы рангового видового распределения:

$$\Lambda(x) = \frac{\Lambda_1}{x^{\beta_\Lambda}}, \quad \beta_\Lambda \neq 1;$$

W_1 и β_W – константы параметрического распределения:

$$W(x) = \frac{W_1}{x^{\beta_W}}, \quad \beta_W \neq 0.$$

Как показано в работе [12], выражение (3.38) можно считать частным решением общего уравнения (3.37), ограниченным простейшей двухпараметрической гиперболической формой ранговых распределений.

Разновидностью параметрического нормирования в техноценозе является шестая процедура оптимизации – параметрический синтез, под которым понимается процедура формирования оптимальной номенклатуры техноценоза, проектируемого, так сказать, «с нуля» (рис. 3.13) [20].

Суть параметрического синтеза заключается в реализации итерационным методом многомерного оптимизационного процесса. В ходе него путем подбора (из имеющейся в распоряжении номенклатуры) конкретных видов техники формируется видовое разнообразие техноценоза, соответствующее первому уравнению закона оптимального построения техноценозов, которое играет роль критерия и выглядит следующим образом [20]:

$$\sum_{j=1}^{\infty} \left(\int_0^{\infty} W_j(x) dx \right) = \int_0^{\infty} \Omega(y) dy \cdot \sum_{j=1}^{\infty} \left(\int_{r_{ji}}^{r_{ji+1}} W_j(x) dx \right) = W_{\Sigma}^* = \text{const}, \quad (3.39)$$

- где $W_j(x)$ – ранговое параметрическое распределение особей техноценоза по j -му параметру;
 $\Omega(y)$ – видовое распределение техноценоза;
 r_{ji} – ранг i -го вида по j -му параметру;
 W_{Σ}^* – суммарный параметрический ресурс, требуемый техноценозу для выполнения его предназначения;
 x – непрерывный аналог ранга;
 y – мощность популяции видов техники.

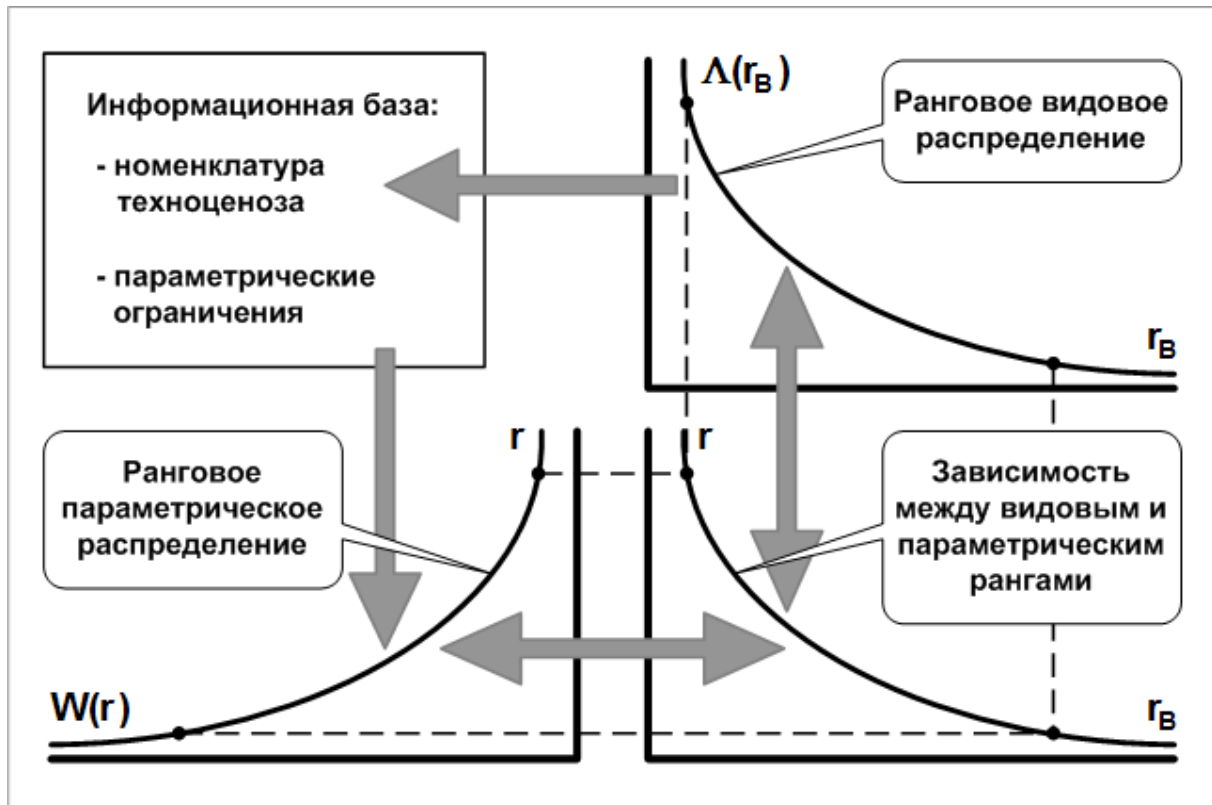


Рис. 3.13. Параметрический синтез в техноценозе

В качестве ограничений используется принцип равномоности параметров техноценоза, также являющийся следствием закона [19,20]:

$$\sum_{j=1}^{\infty} \left(\int_{r_{ji}}^{r_{ji+1}} \omega_j(x) dx \right) = \sum_{j=1}^{\infty} \left(\int_{r_{ji}}^{r_{ji+1}} \mu_j(x) dx \right) = \frac{W_{\Sigma}^*}{2} = \text{const}, \quad (3.40)$$

- где r_{ji} – ранг i -го вида техноценоза по j -му параметру;
 $\omega_j(r)$ – ранговое параметрическое распределение особей техноценоза по j -му видообразующему параметру;

- $\mu_j(r)$ – ранговое параметрическое распределение особей техноценоза по j -му функциональному параметру;
 x – непрерывный аналог ранга;
 W_{Σ}^* – суммарный параметрический ресурс, требуемый техноценозу для выполнения его предназначения.

Критерий (3.34) предполагает многомерную оптимизацию с варьированием континуума параметров. Однако на практике оптимизационный процесс может быть существенно упрощен, если в ходе синтеза будет учитываться только один лидинговый параметр. В этом случае в качестве целевой функции и ограничений применяется критериальная система, являющаяся прямым следствием приведенного выше уравнения (3.39) [20]:

$$\left\{ \begin{array}{l}
 H_{\Sigma} \xrightarrow{(\Omega_{\Sigma}, \Lambda(r_{Bi}), M[W_j(r_{ji})]) \rightarrow \text{var}} \rightarrow \max; \\
 \frac{W_{j\Sigma}}{\Omega_{\Sigma}} = \int_{r_{ji}}^{r_{ji+1}} W_j(x) dx = \text{const}; \\
 r_{ji} = \int_{r_{Bi}}^{\infty} \Lambda(x) dx; \\
 W_{jk\Sigma} \rightarrow W_{jk\Sigma}^* \wedge W_{jk\Sigma} \geq W_{jk\Sigma}^*; \\
 i = 1 \dots \Omega_{\Sigma}; \\
 k = 1 \dots K,
 \end{array} \right. \quad (3.41)$$

- где
- H_{Σ} – энтропия техноценоза (подробно см. [12,20,28,41]);
 - Ω_{Σ} – общее количество видов техноценоза;
 - $\Lambda(r_{Bi})$ – количество особей i -го вида в техноценозе;
 - r_{Bi} – видовой ранг i -го вида техноценоза;
 - $M[W_j(r_{ji})]$ – математическое ожидание значения j -го параметра для популяции особей i -го вида;
 - r_{ji} – начальный ранг i -го вида по j -му параметру на ранговом параметрическом распределении;
 - $W_{j\Sigma}$ – суммарный параметрический ресурс техноценоза по j -му параметру;
 - $W_j(x)$ – ранговое параметрическое распределение особей техноценоза по j -му параметру;
 - $\Lambda(x)$ – ранговое видовое распределение техноценоза;
 - x – непрерывный аналог ранга;

- $W_{jk\Sigma}$ – суммарный параметрический ресурс k -го пространственно-технологического кластера (объекта) [20] техноценоза по j -му параметру;
 $W_{jk\Sigma}^*$ – суммарный параметрический ресурс по j -му параметру, необходимый k -му объекту техноценоза для выполнения предназначения;
 \wedge – знак логической дизъюнкции;
 K – общее количество объектов в техноценозе.

Энтропия распределения по видам, суммарный параметрический ресурс по j -му параметру и общее количество видов техноценоза определены в [12] (дополнены в [19,20]) и могут быть получены следующим образом:

$$H_{\Sigma} = \sum_{i=1}^{\Omega_{\Sigma}} \left(- \frac{\Lambda(r_{Bi})}{\int_0^{\infty} \Lambda(x) dx} \ln \left(\frac{\Lambda(r_{Bi})}{\int_0^{\infty} \Lambda(x) dx} \right) \right), \quad (3.42)$$

$$\Omega_{\Sigma} = \int_0^{\infty} \Omega(y) dy, \quad (3.43)$$

где $\Omega(y)$ – видовое распределение техноценоза;
 y – мощность популяции,

$$W_{j\Sigma} = \int_0^{\infty} W_j(x) dx. \quad (3.44)$$

Условия системы (3.41) задают следующий критерий оптимизации. Путем перебора видов техники из имеющейся в распоряжении номенклатуры осуществляется варьирование: общего количества видов в техноценозе, а также мощности популяций и средних значений видообразующих параметров выбранных видов техники. Целью оптимизационного процесса является достижения максимума энтропии техноценоза при равномерном распределении параметрического ресурса между популяциями видов техники. Алгоритм оптимизации основан на фундаментальной связи между параметрическим рангом рангового параметрического распределения техноценоза и видовым рангом его рангового видового распределения. В качестве параметрического ограничения рассматривается внешнее условие, определяющее, что суммарный параметрический ресурс каждого про-

странственно-технологического кластера (объекта) техноценоза должен быть предельно близким, но не меньшим требуемого значения, в свою очередь задаваемого технологическими ограничениями. Областью определения целевой функции является параметрическая система имеющейся в распоряжении номенклатуры технических изделий, которыми может быть насыщен техноценоз, а также его пространственно-технологическая структура. Следует отметить, что в случае оптимизации по видообразующему параметру в качестве целевой функции может использоваться как первое условие системы (3.41), так и второе (в [12] показано, что они тождественны). При оптимизации по функциональному параметру, в качестве целевой функции может быть использовано только первое условие (3.41), т.к. в этом случае нет возможности определить границы интегрирования при вычислении суммарного видового параметрического ресурса.

Упрощенный вариант параметрического синтеза заключается в том, что в совмещенной системе координат строятся ранговое видовое и ранговое параметрическое распределения, а также график, связывающий параметрический и видовой ранги техноценоза. В отличие от процедуры параметрического нормирования, где распределения строятся на основе обработки статистических данных по реально существующему техноценозу, в процедуре параметрического синтеза ранговые распределения генерируются на основе численной реализации уравнений закона оптимального построения с учетом внешних параметрических ограничений. Внешние ограничения позволяют построить первичное ранговое распределение, соответствующее ресурсным требованиям объектов техноценоза по лидинговому параметру. Лидинговый параметр может быть определен в системе исходных данных либо должен быть выбран в рамках предварительного параметрического анализа. Затем осуществляется построение рангового видового распределения, соответствующего первичному ранговому параметрическому. Далее строится вторичное ранговое параметрическое распределение, устанавливается связь между параметрическим и видовым рангами и формируется номограмма, по которой осуществляется синтез оптимальной видовой структуры техноценоза. Делается это в рамках алгоритма, состоящего из описанных ниже основных этапов [19,20].

1. Построение первичного рангового параметрического распределения техноценоза по значениям ресурса, необходимого пространственно-технологическим кластерам для выполнения предназначения:

$$W^* = f(r^*), \quad (3.45)$$

где W^* – ресурс первичного параметрического распределения;
 r^* – параметрический ранг первичного распределения.

2. Аппроксимация первичного рангового параметрического распределения и определение параметров его аппроксимационной формы:

$$W^* = \frac{W_1^*}{r^{*\beta_W^*}}, \quad (3.46)$$

где W_1^* – «первая точка» первичного распределения;
 β_W^* – ранговый коэффициент первичного распределения.

3. Задание граничных точек на первичном распределении, в качестве которых используются значения максимального и минимального ресурса, необходимого пространственно-технологическим кластерам:

$$W_{\max}^* \text{ и } W_{\min}^*. \quad (3.47)$$

4. Определение общего количества видов техноценоза как отношения суммарного ресурса, необходимого пространственно-технологическим кластерам для выполнения предназначения, к максимальному ресурсу:

$$s = \Omega_\Sigma = \frac{W_\Sigma^*}{W_{\max}^*}, \quad (3.48)$$

где Ω_Σ – общее количество видов техноценоза, определяемое по видовому распределению (см. (3.43));
 $W_\Sigma^* = \sum_{k=1}^K W_k^*$ – суммарный ресурс, необходимый всем объектам техноценоза;
 K – общее количество объектов в техноценозе.

5. Определение ресурса, приходящегося на популяцию i -го вида техники в техноценозе, который равен максимальному ресурсу, необходимому самому крупному пространственно-технологическому кластеру:

$$W_{i\Sigma} = W_{\max}^*. \quad (3.49)$$

6. Определение численности самого массового вида как отношения ресурса, приходящегося на популяцию вида, к минимальному ресурсу, необходимому самому малому пространственно-технологическому кластеру:

$$\Lambda_{\max} = \frac{W_{i\Sigma}}{W_{\min}^*}. \quad (3.50)$$

7. Определение граничных точек на ранговом видовом распределении техноценоза, имеющих координаты (1; численность самого массового вида техники) и (общее количества видов в техноценозе; 1):

$$(1; \Lambda_{\max}) \text{ и } (s; 1). \quad (3.51)$$

8. Реализация оптимизационного процесса, варьирующего общую численность особей в техноценозе в границах от единицы до максимально возможного значения, с целью максимизации энтропии для построения оптимального рангового видового распределения, проходящего через полученные граничные точки на ранговом видовом распределении:

$$\left\{ \begin{array}{l} H_{\Sigma} = \sum_{i=1}^s \left(-\frac{\Lambda_i}{\Lambda_{\Sigma}} \ln \left(-\frac{\Lambda_i}{\Lambda_{\Sigma}} \right) \right) \xrightarrow{\Lambda_{\Sigma} \rightarrow \text{var}} \max, \\ \Lambda^{\circ}(1) = \Lambda_{\max} \wedge \Lambda^{\circ}(s) = 1; \\ \Lambda_{\Sigma} = 1 \dots (s \cdot \Lambda_{\max}); \end{array} \right\} \rightarrow \{ \Lambda^{\circ} = f(r_B) \}, \quad (3.52)$$

где H_{Σ} – энтропия, рассчитанная для численности видов;
 Λ_i – мощность популяции i -го вида;
 Λ_{Σ} – общее количество особей в техноценозе;
 $\Lambda^{\circ}(r_B)$ – оптимальное ранговое видовое распределение;
 r_B – видовой ранг рангового видового распределения.

9. Аппроксимация полученного оптимального рангового видового распределения и определение параметров его аппроксимационной формы:

$$\Lambda^{\circ} = \frac{\Lambda_1^{\circ}}{r_B^{\beta_{\Lambda}^{\circ}}}, \quad (3.53)$$

где $\Lambda^{\circ}(r_B)$ – оптимальное ранговое видовое распределение;
 $\Lambda_1^{\circ}; \beta_{\Lambda}^{\circ}$ – параметры распределения.

10. Окончательное определение общего количества особей техноценоза как суммы значений функции оптимального рангового видового распределения в зависимости от видового ранга, при условии, что видовой ранг меняется от единицы до общего количества видов техноценоза:

$$n = \Lambda_{\Sigma}^0 = \sum_{i=1}^s \Lambda^0(i). \quad (3.54)$$

11. Определение граничных точек на вторичном ранговом параметрическом распределении техноценоза, имеющих следующие координаты: (1; максимальное значение ресурса, заданное ранее на первичном распределении) и (общее количества особей; минимальное значение ресурса):

$$(1; W_{\max}^*) \text{ и } (n; W_{\min}^*). \quad (3.55)$$

12. Расчет параметров аппроксимационной формы вторичного распределения путем решения (применительно к двум известным граничным точкам) системы из двух балансных уравнений, связывающих расчетные значения численности особей и уровня видообразующего параметра:

$$\left\{ \begin{array}{l} \ln \Lambda_{P1} = \xi - \eta \cdot \ln W_{P1}, \\ \ln \Lambda_{P2} = \xi - \eta \cdot \ln W_{P2}; \\ \Lambda_{P1} = \Lambda_{\max}; W_{P1} = W_{\min}^*, \\ \Lambda_{P2} = 1; W_{P2} = W_{\max}^* \end{array} \right\} \xrightarrow{W_1, \beta_W} \left\{ W = \frac{W_1}{r^{\beta_W}} \right\}, \quad (3.56)$$

где ξ и η – коэффициенты балансного уравнения, в выражения которых подставляются параметры оптимального рангового видового распределения (см. (3.38));

$\Lambda_P; W_P$ – расчетные значения;

$W(r)$ – вторичное параметрическое распределение;

$W_1; \beta_W$ – параметры его аппроксимационной формы.

13. Установление связи между параметрическим и видовым рангами путем определения общей численности особей за соответствующим видовым рангом на оптимальном ранговом видовом распределении:

$$r_P = \sum_{i=r_{BP}}^s \Lambda^0(i), \quad (3.57)$$

где Γ_r – определяемое значение параметрического ранга;
 s – общее количество видов в техноценозе;
 Γ_{BR} – задаваемое значение видового ранга (от 1 до s);
 $\Lambda^o(i)$ – численность особей, определяемая для i -го ранга.

14. Разработка номограммы, объединяющей оптимальное ранговое видовое и вторичное ранговое параметрическое распределения, а также график, связывающий параметрический и видовой ранги.

15. Формирование оптимального видового разнообразия на основе выбора из имеющейся номенклатуры тех видов техники, которые в максимальной степени удовлетворяют полученной номограмме.

16. Насыщение пространственно-технологических кластеров техноценоза видами техники в соответствии с рекомендациями, определяемыми, с одной стороны, полученным с помощью номограммы оптимальным видовым разнообразием, а с другой – внешними параметрическими ограничениями, задаваемыми технологическими особенностями функционирования самих пространственно-технологических кластеров техноценоза.

Таким образом, для эффективного управления современным техноценозом всем руководителям от мастера ЖЭУ до губернатора, от начальника отдела до министра, от начальника смены до генерального директора надо овладеть и внедрять новую методологию, основанную на технологических подходах и ранговом анализе. Это позволит корректно в реальном масштабе времени обрабатывать поступающую информацию, постоянно видеть свой техноценоз как целостную систему и быстро принимать адекватные управленческие решения. Одной из наиболее мощных оптимизационных процедур рангового анализа, нацеленных на комплексное оптимальное развитие уже существующего техноценоза, является параметрическое нормирование. В отдельных случаях, когда осуществляется проектирование еще не существующего техноценоза (так сказать, «с нуля»), может эффективно применяться разновидность параметрического нормирования – процедура параметрического синтеза, которая основывается на уравнениях закона оптимального построения техноценозов и реализуется в рамках сложного многопараметрического оптимизационного процесса. Упрощенный прикладной вариант параметрического синтеза осуществляется с помощью однопараметрического алгоритма, состоящего из шестнадцати этапов. Основным содержанием предлагаемого алгоритма является установление связи и оперирование первичным ранговым параметрическим, оптимальным ранговым видовым и вторичным ранговым параметрическим распределениями техноценоза, а также фундаментальной зависимостью между параметрическим и видовым рангами.