DOI: 10.25728/mlsd.2023.1648

МОДЕЛИРОВАНИЕ СБАЛАНСИРОВАННОСТИ РЕШЕНИЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ ОРГАНИЗАЦИИ

Еналеев А.К.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, Москва, Россия

anverena@mail.ru

Аннотация. Рассматривается модель, описывающая сбалансированность технических решений в организационной сетевой структуре. Вводится понятие функции потерь от нарушения баланса показателей, описывающих характеристики оборудования, комплектующих и технической инфраструктуры. Определены условия сбалансированности и предложен механизм стимулирования для обеспечения баланса.

Ключевые слова: Техническая политика, баланс технических решений, потери от несбалансированности, управление, механизм инвестирования, согласование, граф взаимной зависимости, оптимальность.

Введение

Важным документом, регламентирующим техническое инновационное развитие холдингов и концернов, является Единая техническая политика (ЕТП). Примерами таких документов являются [1-3]. Главной целью технической политики является повышение эффективности организации за счет внедрения новых прогрессивных технологий и оснащение современным и перспективным оборудованием и техникой. При этом учитываются такие критерии как надежность, экологичность и безопасность. Существенным требованием в ЕТП является требование сбалансированности предлагаемых технических решений, характеристик внедряемого оборудования и технологий. Так в Положении ОАО «РОССЕТИ» о единой технической политике в электросетевом комплексе [1] в число основных принципов формирования ЕТП включено:

- скоординированное развитие схем электроснабжения и распределительной электрической сети;
- скоординированное развитие генерирующих мощностей и сетевой инфраструктуры;
- своевременное выявление «узких мест» в развитии электроэнергетики;
- обеспечение баланса между производством и потреблением.

В Положении о технической политике АО «Газпром теплоэнерго» [2] назначение ЕТП определяется как «совокупность *взаимосвязанных технических требований*, дополняющих действующие нормативные документы, задает перечень и границы применения технических решений, оборудования и технологий, направленных на повышение технического уровня процессов генерации, передачи и распределения энергии».

Отметим, что в большей части сформулированных принципов упоминаются слова «координация, «баланс», «сопоставление». Это указывает на необходимость решения проблемы *сбалансированности и согласования* внедрения инновационных проектов и технологий в составе технической политики, решение которой определяет основное предназначение ЕТП. Таким образом проблема обеспечения соответствия технических характеристик оборудования, технических устройств и инфраструктуры в системе взаимодействующих между собой объектов является актуальной.

Обеспечение такой сбалансированности представляет собой непростую проблему, так как согласование двух взаимосвязанных технологий, часто порождает необходимость согласования и других, зависимых от этих рассматриваемых технологий. Возникает также проблема определения оборудования или технологий, наиболее сильно влияющих на другие технологии и оборудование, взаимосвязь которых может быть описана в виде графа.

В настоящей статье рассматривается описание взаимной связи объектов технической политики в виде ориентированного графа, в вершинах которого определены характеристики эффективности оборудования или технологии, а на дугах определены показатели потерь от их рассогласования. Исследуются возможности формирования управляющих воздействий со стороны центрального органа с целью обеспечения максимального согласования объектов технической политики в сетевой структуре их взаимной зависимости. Для решения рассматриваемых проблем используется математический аппарат исследования процессов влияния агентов в сетевых организационных системах [4-6].

1. Модель и постановка задачи

Пусть имеется организационно-техническая система, которая может включать в свой состав совокупность таких объектов как, например, комплекс взаимосвязанных технологий, оборудования, машин, средств связи, дорожную сеть и другие технические и вспомогательные средства. Далее каждый элемент этой системы, будем называть техническим объектом (ТО). Каждый ТО описывается определенным набором параметров и функционирует в окружении других объектов. Будем считать, что для эффективного функционирования системы параметры всех ТО должны удовлетворять заданным соотношениям. В случае нарушений этих соотношений эффективность функционирования системы снижается. Предположим, что в системе имеется Центр, задачей которого является выявление диспропорций и их устранение.

Математическая модель этой системы выглядит следующим образом. Пусть задан ориентированный граф, в n вершинах которого находятся ТО. Технический объект, имеющий номер i, описывается набором параметров $\bar{y}_i = (y_1^i, y_2^i, ..., y_{m_i}^i)$, где y_j^i принимает значения на числовой оси, $y_j^i \geq 0$, $j = (1, ..., m_i)$, $i \in I = \{1, ..., n\}$. Множество допустимых значений параметра y_j^i обозначим Y_j^i. Для каждой пары объектов (s,t), $s,t \in I$, определим множества $\bar{q}^{st}$ пар показателей $q_{j_s j_t}^{s\,t} = (y_{j_s}^s, y_{j_t}^t)$, значения которых для ТО с номерами s и t должны быть в заданных пропорциях, $y_{j_s}^s = k_{j_s j_t} y_{j_t}^t$. Здесь j_s – номер показателя из списка показателей $\bar{y}_s = (y_1^s, y_2^s, ..., y_{m_s}^s)$, который указывает на пропорциональную зависимость показателя $y_{j_s}^s$ от показателя $y_{j_t}^t$ с номером j_t из списка показателей $\bar{y}_t = (y_1^t, y_2^t, ..., y_{m_t}^t)$, $k_{j_s j_t} \geq 0$ – заданный коэффициент пропорциональности. Обозначим $\bar{k}^{st}$ набор коэффициентов $k_{j_s j_t}$, соответствующий парам $q_{j_s j_t}^{s\,t}$ из множества $\bar{q}^{st}$. На дугах графа заданы величины ущерба $\lambda_{ij} = \lambda_{ij}(\bar{k}^{st}, \bar{q}^{st})$ в зависимости от отклонения параметров $y_{j_s}^s$ от $k_{j_s j_t} y_{j_t}^t$ в составе компонент множества $\bar{q}^{st}$. Функции ущерба s-го ТО $\lambda_{st} = \lambda_{st}(\bar{k}^{st}, \bar{q}^{st})$ обладают следующими свойствами: $\lambda_{st} = \lambda_{st}(\bar{k}^{st}, \bar{q}^{st}) \geq 0$, если хотя бы для одной компоненты $y_{j_s}^s \neq k_{j_s j_t} y_{j_t}^t$, и $\lambda_{st} = \lambda_{st}(\bar{k}^{st}, \bar{q}^{st}) = 0$ при $y_{j_s}^s = k_{j_s j_t} y_{j_t}^t$ для всех пар из $\bar{q}^{st}$. Если между ТО с номерами s и t отсутствует дуга графа, то, будем считать, что $\lambda_{ij} \equiv \lambda_{ij}(\bar{k}^{st}, \bar{q}^{st})$.

Определим функции выигрыша от реализации показателей ТО в виде $f_i(\bar{x}_i, \bar{y}_i, \bar{y}_{-j}) = h_i(\bar{y}_i) + \sigma_i(\bar{x}_i, \bar{y}_i) - \sum_{j \neq i} \lambda_{ij}(\bar{k}^{ij}, \bar{q}^{ij})$, где $h_i(\bar{y}_i)$ – функция дохода от реализации показателей ТО на уровне $\bar{y}_i$, $\sigma_i(\bar{x}_i, \bar{y}_i) = \begin{cases} v_i & ,\text{если } \bar{y}_i = \bar{x}_i \\ 0 & ,\text{если } \bar{y}_i \neq \bar{x}_i \end{cases}$ – размер инвестиций со стороны Центра на обеспечение $\bar{y}_i = \bar{x}_i$, $v_i > 0$. Здесь $\bar{x}_i$ обозначает желаемое с точки зрение Центра значение показателей ТО, $\bar{y}_{-j}$ – совокупность показателей всех ТО, имеющих пропорциональную зависимость с i-ым ТО. Будем называть $\bar{x}_i$ планом. Набор функций $\sigma_i(\bar{x}_i, \bar{y}_i)$, $i \in I$, назовем механизмом инвестирования. В рассматриваемой модели инвестирование рассматривается исключительно как компенсационное воздействие от потерь в доходе ТО от выбора показателей равными плану [7].

В простом случае, когда набор показателей $\bar{y}_i$ состоит из единственного показателя $\bar{y}_i = y_i$, все $\bar{q}^{st}$ содержат не более одной пары $q_{j_s j_t}^{s\,t} = (y_{j_s}^s, y_{j_t}^t)$ функцию выигрыша можно представить в виде как

$$f_i(x_i, y_i, \bar{y}_{-j}) = h_i(y_i) + \sigma_i(x_i, y_i) - \sum_{j \neq i} \lambda_{ij}(k^{ij} y_j, y_i). \quad (1)$$

Ниже, для того чтобы не усложнять анализ модели дополнительными техническими деталями, примем, что согласование ТО осуществляется только по единственным парам показателей, и функции выигрыша имеют вид (1).

При заданных функциях выигрыша рассмотрим равновесные значения показателей ТО

$$y_i^* \in Z_i(x_i, \bar{y}_{-i}^*) = \operatorname{Arg}\max_{y_i} f_i(x_i, y_i, \bar{y}_{-i}^*).. \tag{2}$$

Заметим, что равновесные значения могут существовать не всегда. И даже если они существуют, то не обязательно выполняются условия сбалансированности показателей ТО в равновесии.

<u>Постановки задач</u>.

1) Определить условия, при которых равновесные значения показателей всех ТО сбалансированы.
2) Определить оптимальные размеры инвестиций, обеспечивающие сбалансированность и максимальное значение целевой функции Центра при ограничении на размер инвестиционного фонда. Эта задача формулируется следующим образом: как

$$F(\bar{x}^*, \bar{y}^*) = \sum_{i \in I} [h_i(y_i^*) - \sum_{j \neq i} \lambda_{ij}(k^{ij} y_j^*, y_i^*)] \to \max_{\bar{v}, \bar{x}} \tag{3}$$

при ограничении

$$\sum_{i \in I} v_i \le V. \tag{4}$$

где $\bar{v} = (v_1, ..., v_n)$, $\bar{x} = (x_1, ..., x_n)$, V – заданный размер инвестиционного фонда,

$\bar{y}^*$ – равновесные значения показателей ТО при функциях выигрыша (1).

2. Условия сбалансированности показателей

Запишем функцию выигрыша j-го ТО в следующем виде

$$f_j(x_j, y_j, \bar{y}_{-j}) = H_{-i}^j(y_j, \bar{y}_{-(j,i)}) + \sigma_i(x_j, y_j) - \lambda_{ji}(k_{ji} y_i, y_j), \tag{5}$$

где $H_{-i}^j(y_j, \bar{y}_{-(j,i)}) = h_j(y_j) - \sum_{m \neq j,i} \lambda_{jm}(k_{jm} y_m, y_j)$. Здесь $\bar{y}_{-(j,i)}$ обозначает набор показателей всех ТО за исключением i и j.

Сначала исследуем ситуацию, когда $\sigma_i(x_j, y_j) \equiv 0$. Рассмотрим множество $\bar{Z}_j^i(\bar{y}_{-(j,i)}) = \bigcup_{y_i \in Y_i} Z_j(\bar{y}_{-j})$, где $Z_j(\bar{y}_{-j}) = \operatorname{Arg}\max_{y_j \in Y_j}[H_{-i}^j(y_j, \bar{y}_{-(j,i)}) - \lambda_{ji}(k_{ji} y_i, y_j)]$. Множество $\bar{Z}_j^i(\bar{y}_{-(j,i)})$ определяет совокупность значений показателя y_j, доставляющего максимум выигрышу для j-го ТО при всех допустимых значениях показателя y_i. Рассмотрим также множество $P_j^i(\bar{y}_{-(j,i)})$ взвешенных значений $k_{ji} y_i$ параметра y_i таких, что максимизация функции выигрыша j-го ТО по y_j приводит к совпадению $k_{ji} y_i$ с y_j, т.е.

$P_j^i(\bar{y}_{-(j,i)}) = \{z_j | \, z_j = k_{ji} y_i, \text{где } y_i \in Y_i, z_i \in Y_j, H_{-i}^j(z_j, \bar{y}_{-(j,i)}) \ge H_{-i}^j(y_j, \bar{y}_{-(j,i)}) - \lambda_{ji}(z_i, y_j), \forall y_j \in Y_j\}$.

Совпадение множеств $\bar{Z}_j^i(\bar{y}_{-(j,i)})$ и $P_j^i(\bar{y}_{-(j,i)})$ означает, что значение любого показателя $y_j \in \bar{Z}_j^i(\bar{y}_{-(j,i)})$ совпадает с взвешенным значением показателя y_i, т.е. $y_j = k_{ji} y_i$.

В [8] доказано, что

$$\bar{Z}_j^i(\bar{y}_{-(j,i)}) = P_j^i(\bar{y}_{-(j,i)}), \tag{6}$$

если функция ущерба $\lambda_{ji}(\cdot,\cdot)$ удовлетворяет «неравенству треугольника»:

$$\lambda_{ji}(y,z) + \lambda_{ji}(z,u) \ge \lambda_{ji}(y,u), \; i, j \in I \tag{7}$$

при всех допустимых значениях y, z, u.

Утверждение 1. Пусть условие (6) выполняется для всех пар (j,i): $j \in I,\ i \in I,\ j \neq i$, и система уравнений совместна, тогда существует сбалансированный набор показателей для всех ТО.

Доказательство. Условие совместности уравнений для всех пар (j, i) означает, что существуют значения показателей всех ТО, , для которых справедливо

$$\forall j, i \in I,\ \ j \neq i : \bar{Z}_j^i(\bar{y}^*_{-(j,i)}) = P_j^i(\bar{y}^*_{-(j,i)}) , \tag{8}$$

но это означает, что $\bar{y}^* = (y_1^*, ..., y_n^*)$ является сбалансированным набором показателей.

Решение системы соотношений (8) существует не всегда. Случай существования решения (8) соответствует «жесткому» требованию соблюдения сбалансированности показателей ТО, когда ущерб от рассогласования $\lambda_{ji}(k_{ji} y_i, y_j) = 0$. Приведем несколько иллюстрирующих простых примеров, описывающих варианты и условия, определяющие возможности существования решений.

Пример 1. Пусть граф описывающий взаимосвязи ТО представляет собой замкнутый контур, рис. 1.

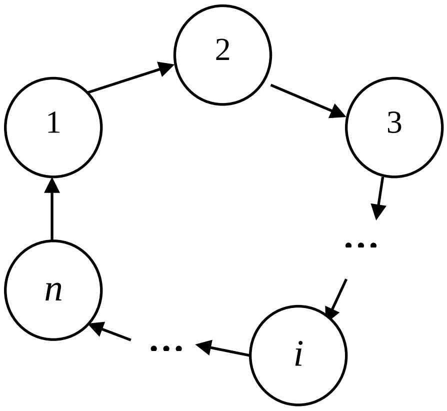
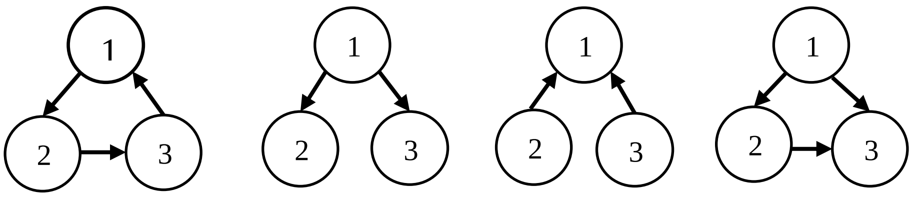


Рис. 1. Контур взаимосвязей ТО

В этом контуре ТО i_1 связан с ТО i_2, ТО i_2 влияет на ТО i_3, и так далее. Наконец, ТО i_n связан с ТО i_1 . В этой цепочке при обязательном требовании $y_{i_2}^* = k_{i_2 i_1} y_{i_1}^*$, $y_{i_3}^* = k_{i_3 i_2} y_{i_2}^*, \ldots,$ $y_{i_l}^* = k_{i_l i_{l-1}} y_{i_{l-1}}^*, \ldots, y_{i_1}^* = k_{i_1 i_n} y_{i_n}^*$. Отсюда следует, что решение системы (8) существует только при $k_{i_2 i_1} \cdot k_{i_3 i_2} \cdot \ldots \cdot k_{i_l i_{l-1}} \cdot \ldots \cdot k_{i_1 i_n} = 1$.

Пример 2. Пусть система состоит из трех ТО. Рассмотрим различные варианты связей между ними. Эти варианты изображены на рис. 2.



а) б) в) г)

Рис. 2. Варианты связей трех ТО

На рис. 2а) представлен вариант, когда связи ТО образуют контур, рассмотренный в примере 1, и решение системы (8) существует, если только $k_{21} \cdot k_{32} \cdot k_{13} = 1$. Рис. 2б) представляет связи в иерархической структуре. В этом случае $y_2 = k_{21} y_1$, $y_3 = k_{31} y_1$, и коэффициенты могут принимать произвольные неотрицательные значения. На рис. 2в) изображен случай, когда на ТО влияют два других ТО. В этом случае имеем $y_1 = k_{12} y_2$ и $y_1 = k_{13} y_3$. Отсюда имеем к выполнению (8) дополнительное требование пропорциональной зависимости $k_{12} / k_{13} = y_3 / y_2$ для «жесткой» сбалансированности показателей ТО. Вариант связей, изображенный на рис. 2г), продуцирует следующее требование зависимостей коэффициентов: $k_{31} \cdot k_{12} = k_{32}$.

Приведенные примеры показывают, что для графов с большим количеством вершин и «насыщенным» количеством дуг, возможности «жесткой» сбалансированности могут быть реализованы, только для специальных примеров. Для иерархической структуры такая сбалансированность реализуема.

Рассмотрим модель, в которой имеется доминирующий ТО. Будем называть ТО i доминирующим над ТО j , если

$$\lambda_{ji}(k_{ji}y_i, y_j) \geq \delta_{ji}(k_{ji}y_i, y_j) + \sum_{m \neq i, j} \lambda_{jm}(k_{ji}y_i, y_j) \tag{9}$$

при $k_{ji}y_i \neq y_j$, где $\delta_{ji}(z, y) \geq 0$, $\delta_{ji}(z, z) = 0$, и функция ущерба $\lambda_{ji}(k_{ji}y_i, y_j)$ и $\delta_{ji}(z, y) \geq 0$ для $i, j \in I$ удовлетворяют «неравенству треугольника». Потребуем также симметричность функций ущерба:

$$\lambda_{ji}(z, u) = \lambda_{ji}(u, z), \; i, j \in I \; . \tag{10}$$

Утверждение 2. Если $k_{ji}y_i \in P_j^i(\bar{y}_{-(j,i)})$, и справедливо (7), (9), (10), то $y_j^* = k_{ij}y_i$ является доминантной стратегией для j-го ТО.

Доказательство не приводится, поскольку аналогично Утверждению 5 в [5].

Утверждение 2 определяет возможность «жесткой» сбалансированности для ТО, которое по степени влияния на другие ТО является доминирующим в смысле (9).

3. Влияние Центра на сбалансированность ТО

Пусть теперь в функции выигрыша (1) включена функция инвестирования

$$\sigma_i(x_i, y_i) = \begin{cases} v_i & \text{,если } y_i = x_i \\ 0 & \text{,если } y_i \neq x_i \end{cases} . \tag{11}$$

Исследуем возможность управления выбором значений показателей ТО путем назначения Центром планов $\bar{x}$. Для этого рассмотрим множества $Q_i(\bar{y}_{-i})$ плановых значений показателей ТО, которые доставляют максимум выигрыша при $y_i = x_i$,

$$Q_i(\bar{y}_{-i}) = \{x_i \in Y_i \,|\, h_i(x_i) - \sum_{j=1,\; j \neq i}^{n} \lambda_{ji}(k_{ij}y_j, x_i) \geq h_i(y_i) - \sigma_i(x_i, y_i) - \sum_{j=1,\; j \neq i}^{n} \lambda_{ji}(k_{ij}y_j, y_i), \; \forall y_i \in Y_i\}.$$

По аналогии с (6) рассмотрим условия

$$\bigcup_{u_i \in Y_i} Z_i(u_i, \bar{y}_{-i}) = Q_i(\bar{y}_{-i}), \; i \in I, \; \bar{y}_{-i} \in \bar{Y}_{-i} = \prod_{j \in I \setminus i} Y_j \; . \tag{12}$$

Из того, что $\sigma_i(x_i, y_i)$ вида (11) удовлетворяет неравенству треугольника, справедливо (12). Справедливость этого утверждения следует из [8].

Для того, чтобы множество планов, для которых выполняется (12), было не пусто, необходима совместное выполнение условий

$$\exists \bar{x} : x_i \in Q_i(\bar{x}_{-i}), i \in I \; . \tag{13}$$

Обозначим $\bar{X}_j(\bar{y}_{-j}) = \{\bar{x}_j \mid x_i \in Q_i(x_j, \bar{y}_{-j})\}$.

Утверждение 3. Если для ТО $i \in I$ множество

$$\bar{X}_i^* = \bigcap_{\bar{y}_{-i} \in \bar{Y}_{-i}} \bar{X}_i \; (\bar{y}_{-i}) \neq \varnothing \, , \tag{14}$$

то выбор показателя $\bar{y}_i^* = \bar{x}_i^* \in X_i^*$ является равновесием в доминантных стратегиях.

Доказательство. Рассмотрим множество $Q_i(\bar{y}_{-i})$ при заданной обстановке $\bar{y}_{-i}$. Для функции $\sigma_i(x_i, y_i)$, имеющей вид (11) при назначении плана $x_i \in Q_i(\bar{y}_{-i})$ имеем $y_i^* = x_i$ при всех допустимых $\bar{y}_{-i}$. Поскольку $\bar{X}_i^* \neq \varnothing$, то справедливо $\bar{y}^* = \bar{x}^*$ для всех ТО как доминантные стратегии.

Заметим, что для выполнения требования (14), множества $Q_i(\bar{x}_{-i})$ должны быть достаточно «широкими». Для этого величины инвестиций v_i в (11) должны быть достаточно большими.

Рассмотрим систему неравенств

$$\sigma_i(x_i, y_i) \geq \gamma_i(x_i, y_i) + \sum_{j \neq i} \lambda_{ij}(x_i, y_i), \; i \in I \,. \qquad (15)$$

Здесь $\gamma_i(x_i, y_i) \geq 0$, $\gamma_i(y_i, y_i) = 0$, $\gamma_i(x, y) \leq \gamma_i(x, z) + \gamma_i(z, y)$.

Неравенства (15) обозначают, что инвестиции v_i превышает суммарное воздействие внешних ТО на i-ый ТО.

Обозначим $Q_i^{\circ\gamma} = \{x_i \in Y_i \,|\, h_i(x_i) \geq h_i(y_i) - \gamma_i(x_i, y_i), \; \forall y_i \in Y_i\}$ множество планов, выполнение которых выгодно в отсутствие воздействий окружающих ТО.

Утверждение 4. Если функции потерь агентов удовлетворяют (7), (10), (15), то $y_i^* = x_i$ доминантные стратегии для $i \in I$.

Доказательство. Рассмотрим цепочку соотношений $\Delta = f_i(x_i, x_i, \bar{y}_{-i}) - f_i(x_i, y_i, \bar{y}_{-i}) =$

$$= [h_i(x_i) - \sum_{m \neq i} \lambda_{im}(k_{im} y_m, x_i)] - [h_i(y_i) - \sigma_i(x_i, y_i) - \sum_{m \neq i} \lambda_{im}(k_{im} y_m, y_i)] \geq [h_i(x_i) - h_i(y_i) + \gamma_i(x_i, y_i)] -$$

$$- \sum_{m \neq i} \lambda_{im}(k_{im} y_m, x_i) + \sum_{j \neq i} \lambda_{ij}(x_i, y_i) + \sum_{m \neq i} \lambda_{im}(k_{im} y_m, y_i) \geq$$

$$\geq \sum_{j \neq i} \lambda_{ij}(x_i, y_i) - [\sum_{m \neq i} \lambda_{im}(k_{im} y_m, x_i) - \sum_{m \neq i} \lambda_{im}(k_{im} y_m, y_i)] =$$

$$= \sum_{j \neq i} \lambda_{ij}(x_i, y_i) - [\sum_{m \neq i} (\lambda_{im}(x_i, k_{im} y_m) - \lambda_{im}(k_{im} y_m, y_i))] \geq \sum_{j \neq i} [\lambda_{ij}(x_i, y_i) - \lambda_{ij}(y_i, x_i)] = 0 \,.$$

Первое неравенство в этой цепочке соотношений справедливо в силу (15), второе неравенство справедливо из определения множества $Q_i^{\circ\gamma}$, далее используя свойства (7) и (10) получаем последующие соотношения. Утверждение 4 доказано.

Из выражения для множества $Q_i^{\circ\gamma}$ видно, что если $\gamma^1{}_i(x_i, y_i) > \gamma^2{}_i(x_i, y_i)$, то $Q_i^{\circ\gamma^2} \subseteq Q_i^{\circ\gamma^1}$. Пусть $\gamma_i(x_i, y_i) = \begin{cases} q_i & \text{,если } y_i = x_i \\ 0 & \text{,если } y_i \neq x_i \end{cases}$. Увеличивая параметры q_i, сформируем такие множества $Q_i^{\circ\gamma}$, что $x_j = y_j^* = k_{ij} y_i \in Q_j^{\circ\gamma}$. В этом случае задачу (3), (4) можно представить в виде задачи распределения ресурса $F(\bar{x}, \bar{x}) = \sum_{i \in I} [h_i(x_i^*)] \to \max_{\bar{v}, \bar{x}}$, при ограничении $\sum_{i \in I} v_i \leq V$.

4. Заключение

Согласование взаимодействия в сложных организационно-технических системах рассмотрено для обеспечения сбалансированности решений в единых технических политик крупных предприятий. Рассмотрены примеры простейших случаев согласования решений и коллизий при определении пропорций в характеристиках технико-экономических объектов. Рассмотренные варианты коллизий в приведенных примерах могут быть использованы при анализе более сложных структур взаимодействий объектов. Утверждения статьи определяют пути использования инвестиционных мероприятий для обеспечения сбалансированности показателей технических объектов при разработки единой технической политики. Показано, что при определенных условиях включение инвестиций позволяет решить проблему сбалансированности показателей.

Литература

1. Положение о технической политике ОАО "ФСК ЕЭС" (fsk-ees.ru). (Дата обращения 20.05.2023г.).
2. Положение о технической политике АО «Газпром теплоэнерго». http://www.gpte.ru/upload/iblock/476/tekhnicheskaya-politika.pdf .(Дата обращения 20.05.2023г.).
3. Положение о Единой технической политики филиала АО «Концерн Росэнергоатом», «Белоярская атомная станция». https://www.rosenergoatom.ru/upload/iblock/570/57071c4421cb9fc2949bd43624d22efe.pdf. (Дата обращения 20.05.2023г.).
4. *Еналеев А.К.* Согласованные механизмы управления в активных системах // Управление большими системами. – М.: ИПУ РАН, – 2020. Выпуск 83. – С.5-28.
5. *Еналеев А.К.* Области влияния агентов в сетевых организационных системах // Труды 15-й Международной конференции "Управление развитием крупномасштабных систем" (MLSD’2022). - М.: ИПУ РАН, – 2022. Т.1. – С. 1406-1411.
6. *Еналеев А.К.* Механизмы согласованного управления в иерархических сетевых структурах /Материалы двенадцатой международной конференции «Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2019)»,1-3 октября 2019г., Москва, Россия, – М.: ИПУ РАН, – 2019, – С. 272-275.
7. *Новиков Д.А.* Теория управления организационными системами. – 2-е изд. – М.: Физматлит, 2007. – 584 с.
8. *Еналеев А.К.* Оптимальность согласованных механизмов функционирования в активных системах // Управление большими системами. – М.: ИПУ РАН, –2011. Выпуск 33. – С.143-166