

УДК 681.3

DOI: [10.26102/2310-6018/2024.45.2.018](https://doi.org/10.26102/2310-6018/2024.45.2.018)

## Интеллектуализация управления в организационных системах с цифровым концентратором результатов деятельности на основе оптимизационного моделирования

Я.Е. Львович, А.Н. Пупыкин✉

*Воронежский институт высоких технологий, Воронеж, Российская Федерация*

**Резюме.** В статье рассматривается подход к интеллектуализации управления в организационных системах, нацеленных на обеспечение эффективности взаимодействия производителей и потребителей результатов деятельности с использованием цифровых технологий и оптимизационного моделирования. В условиях активной цифровизации бизнеса выделен класс организационных систем с цифровым концентратором результатов деятельности. Показано, что при организации взаимодействия производителей и потребителей управление направлено не только на согласование объектов торговых операций, но и на регулирование объектов информационных потоков с целью снижения затрат на цифровой трансфер. При этом возникают две оптимизационные задачи, связанные с различными схемами распределения объемов информационных потоков со стороны производителей и потребителей. В первом случае оптимизируемыми переменными являются коэффициенты распределения планового объема потока, поступающего в цифровой концентратор, между объектами-производителями с учетом вариантов продвижения. Экстремальное требование обеспечивает минимизацию затрат, а граничное – связано с планируемым максимальным и минимальным уровнем доходов объектов от обмена информацией с потребителями. Алгоритм принятия решения совмещает случайный выбор значений коэффициентов на заданном интервале с последующей их настройкой с использованием градиентного поиска. Выбрано правило останова итерационного процесса, при выполнении которого определяется оптимальное распределение информационных потоков между объектами. Во втором случае строится оптимизационная модель, в которой оптимизируемыми переменными являются коэффициенты распределения планового объема информационного потока между производителями с учетом зарегистрированных цифровым концентратором категорий результатов деятельности.

**Ключевые слова:** организационная система, цифровой концентратор, интеллектуализация, управление, оптимизационное моделирование.

**Для цитирования:** Львович Я.Е., Пупыкин А.Н. Интеллектуализация управления в организационных системах с цифровым концентратором результатов деятельности на основе оптимизационного моделирования. *Моделирование, оптимизация и информационные технологии*. 2024;12(2). URL: <https://moitvivr.ru/ru/journal/pdf?id=1575> DOI: 10.26102/2310-6018/2024.45.2.018

## Intellectualization of management in organizational systems with a digital hub of performance results based on optimization modeling

Ya.E. Lvovich, A.N. Pupykin✉

*Voronezh Institute of High Technologies, Voronezh, the Russian Federation*

**Abstract.** The article discusses an approach to the intelligent management in organizational systems aimed at ensuring the efficiency of interaction between producers and consumers of activity results using digital technologies and optimization modeling. In the conditions of active digitization of business, a

class of organizational systems with a digital activity results hub is identified. It is shown that in organizing the interaction between producers and consumers, management is aimed not only at coordinating objects of trading operations but also at regulating objects of information flows in order to reduce costs for digital transfer. At the same time, two optimization tasks arise, related to different schemes of distribution of objects from information flows by producers and consumers. In the first case, the optimized variables are the distribution coefficients of the planned volume of flow entering the digital hub between producing objects, taking into account promotion options. The extreme requirement ensures the minimization of costs, and the marginal requirement is associated with the planned maximum and minimum level of income of objects from the exchange of information with consumers. The decision-making algorithm combines random selection of coefficient values on a given interval with subsequent adjustment using gradient search. A stopping rule for the iterative process is selected, upon fulfillment of which the optimal distribution of information flows between objects is determined. In the second case, an optimization model is constructed in which the optimization variables are the coefficients of distribution of the planned volume of information flow between producers, taking into account the categories of activity results registered by the digital hub.

**Keywords:** organizational system, digital hub, intellectualization, management, optimization modeling.

**For citation:** Lvovich Ya.E., Pupykin A.N. Intellectualization of management in organizational systems with a digital hub of performance results based on optimization modeling. *Modeling, Optimization and Information Technology*. 2024;12(2). URL: <https://moitvvt.ru/ru/journal/pdf?id=1575> DOI: 10.26102/2310-6018/2024.45.2.018 (In Russ.).

## Введение

Активная цифровая трансформация бизнеса изменила механизмы взаимодействия производителей и потребителей товаров [1, 2]. Одним из таких механизмов, требующих ориентации на новые инструменты, является механизм цифровизации предложений производителями своих результатов деятельности для их приобретения пользователями. Он направлен на применение цифровых технологий для более эффективного решения нужд потребителей с целью, с одной стороны, увеличения доходов от реализации результатов деятельности, а с другой стороны – снижения затрат на приобретение товаров. Распространенным цифровым инструментом взаимодействия являются электронные торговые площадки (ЭТП) [3–5]. Они позволяют синхронизировать объединения в одном торговом и информационном пространстве как объекты-производители  $O_i, \overline{1, I}$ , так и объекты-потребители результатов деятельности  $P_j, \overline{1, J}$  [6]. Такое объединение следует рассматривать как организационную систему, связывающую в организационное целое три стороны: организатор закупки, представленный множеством  $O_i, \overline{1, I}$ ; участники закупки  $P_j, \overline{1, J}$ ; оператор электронной площадки. В этом случае оператор электронной площадки рассматривается в качестве управляющего центра и обеспечивает выполнение следующих функций: торговой, информационной, рекламной, аналитической, маркетинговой, защиты информации. Цифровую поддержку этих функций предлагается возложить на цифровой концентратор результатов деятельности объектов  $O_i, \overline{1, I}$  и далее рассматривать взаимодействие производителей и потребителей товаров как организационную систему с цифровым концентратором результатов деятельности (ОСЦКРД).

При управлении в ОСЦКРД помимо решения торговых задач производителей и потребителей необходимо обеспечивать снижение издержек обеих сторон при трансфере через цифровой концентратор элементов информационных потоков. Подходы к интеллектуализации принятия управленческих решений на основе оптимизационного моделирования [7–10] направлены на распределение материальных потоков в организационных системах, представляющих собой совокупность объектов  $O_i, \overline{1, I}$  только одной стороны – производителя результатов деятельности, которые объединены

управляющим центром, непосредственно использовать невозможно. Требуется их проблемная ориентация на управление преобразованием информационных потоков в цифровом концентраторе.

Целью статьи является разработка оптимизационных моделей и алгоритмов преобразования информационных потоков в цифровом концентраторе, обеспечивающих интеллектуализацию принятия управленческих решений в ОСЦКРД.

Для достижения этой цели решены следующие задачи:

- формирование модели и алгоритма оптимизации трансфера информационных потоков производителей;
- формирование модели и алгоритма оптимизации использования потребителями результатов цифрового трансфера.

### Формирование модели и алгоритма оптимизации трансфера информационных потоков производителей

Рассмотрим часть ОСЦКРД, обеспечивающую информационное взаимодействие объектов  $O_i, \overline{1, I}$  и управляющего центра через цифровой концентратор, представленную на Рисунке 1. Охарактеризуем это взаимодействие следующими величинами:

$V^0$  – допустимое количество элементов информационного потока, представляющего собой объединение информационных потоков объектов  $O_i, \overline{1, I}$ ;

$V_i$  – количество элементов информационного потока, генерируемых  $i$ -м объектом  $O_i, \overline{1, I}$  объекта;

$V_{in}$  – количество элементов  $n$ -го  $\overline{1, N}$  вида, генерируемых  $i$ -м объектом, в объединенном информационном потоке.

Связь между этими величинами представим в виде линейных соотношений

$$V_i = \alpha_i \cdot V^0, \quad (1)$$

где  $\alpha_i$  – коэффициент, определяющий  $i$ -ю часть в объединенном информационном потоке объектов;

$$\alpha_i^{\min} \leq \alpha_i \leq \alpha_i^{\max}, \quad \sum_{i=1}^I \alpha_i = 1, \quad (2)$$

$$\alpha_i^{\min} = \frac{d_i^{\min}}{\sum_{i=1}^I d_i^{\min}}, \quad \alpha_i^{\max} = \frac{d_i^{\max}}{\sum_{i=1}^I d_i^{\max}},$$

где  $d_i^{\min}$ ,  $d_i^{\max}$  – минимальные и максимальные планируемые объекты дохода  $i$ -го объекта в ОСЦКРД;

$$V_{in} = \beta_{in} \cdot V_i, \quad i = \overline{1, I}, \quad (3)$$

где  $\beta_{in}$  – коэффициент, определяющий  $n$ -ю составляющую в информационном потоке  $i$ -го объекта;

$$\beta_{in}^{\min} \leq \beta_{in} \leq \beta_{in}^{\max}, \quad \sum_{n=1}^N \alpha_i = 1, \quad i = \overline{1, I}, \quad (4)$$

$$\beta_{in}^{\min} = \frac{d_{in}^{\min}}{\sum_{n=1}^N d_{in}^{\min}}, \quad \beta_{in}^{\max} = \frac{d_{in}^{\max}}{\sum_{n=1}^N d_{in}^{\max}},$$

где  $d_{in}^{\min}$ ,  $d_{in}^{\max}$  – минимальный и максимальный планируемые доходы  $i$ -го объекта с использованием  $n$ -й составляющей информационного потока.

Для ЭТП  $n$ -я составляющая может характеризовать вариант продвижения объявленных объектов: 1 объявление на 3 дня, 3 объявления на 3 дня; 1 объявление на 10 дней, 3 объявления на 10 дней, 10 объявлений на 10 дней. Структурная схема информационного взаимодействия представлена на Рисунке 1.

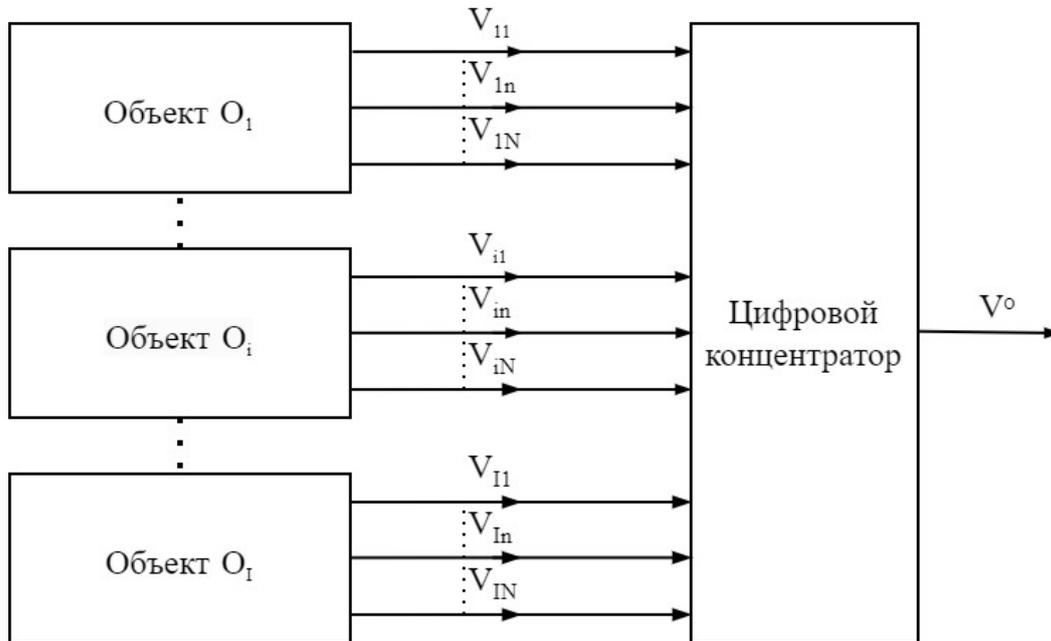


Рисунок 1 – Структура информационного взаимодействия объектов и управляющего центра ОСЦКРД

Figure 1 – The structure of information interaction between objects and the control center of the organizational system with a digital hub of performance results

В зависимости от возможностей цифрового трансфера управляющий центр определяет допустимое значение  $V^0$  на период функционирования  $T$ . Тогда оптимизируемыми переменными при формировании оптимизационной модели являются величины коэффициентов в соотношениях (1), (3)  $\alpha_i, i = \overline{1, I}, \beta_{in}, n = \overline{1, N}, i = \overline{1, I}$ .

В качестве экстремального требования предлагается минимизация суммарных затрат объектов  $O_i, \overline{1, I}$  на генерацию информационных потоков и их трансфера через цифровой концентратор:

$$\Psi(\alpha_i, \beta_{in}) = \sum_{i=1}^I \alpha_i \sum_{n=1}^N \beta_{in} C_{in} V^0 \rightarrow \min_{\alpha_i, \beta_{in}}, \quad (5)$$

где  $C_{in}$  – средняя величина затрат  $i$ -го объекта на один элемент  $n$ -го вида.

Граничные требования определяются условиями (2), (4), которые одновременно обеспечивают выполнение балансового условия в рамках структуры на Рисунке 1

$$\sum_{i=1}^I \sum_{n=1}^N V_{in} = V^0. \quad (6)$$

Объединяя (2), (4), (5), получаем следующую оптимизационную модель:

$$\sum_{i=1}^I \alpha_i \sum_{n=1}^N \beta_{in} C_{in} V^0 \rightarrow \min_{\alpha_i, \beta_{in}},$$

$$\sum_{i=1}^I \alpha_i = 1, \quad \alpha_i^{\min} \leq \alpha_i \leq \alpha_i^{\max}, \quad i = \overline{1, I}, \quad (7)$$

$$\sum_{n=1}^N \beta_{in} = 1, \quad \beta_{in}^{\min} \leq \beta_{in} \leq \beta_{in}^{\max}, \quad n = \overline{1, N}, i = \overline{1, I}.$$

При разработке алгоритма численной оптимизации (7) будем исходить из того, что итерационный поиск решения на основе нелинейной целевой функции  $\Psi(\alpha_i, \beta_{in})$  целесообразно осуществлять с использованием градиентного алгоритма [11], а ограничения учитывать в виде логических условий, включаемых в алгоритмическую процедуру, которая представляет собой совокупность следующих шагов.

1. Определение значений оптимизируемых переменных на итерации  $k = 1$ . Для этого на интервале  $\alpha_i^{\min} \leq \alpha_i \leq \alpha_i^{\max}$ ,  $i = \overline{1, I-1}$  случайным образом на основе последовательности псевдослучайных чисел, равномерно распределенных на интервале  $[0, 1]$  [11] выбираются

$$\alpha_i^1, \quad i = \overline{1, I-1}.$$

Проверяется условие  $\sum_{i=1}^{I-1} \alpha_i^1 < 1$ . Если оно выполняется, то для  $i = I$  определяется

$$\alpha_I^1 = 1 - \sum_{i=1}^{I-1} \alpha_i^1,$$

в противном случае повторяется случайный выбор. Аналогичным образом выбираются

$$\beta_{in}^1, \quad n = \overline{1, N-1}, \quad i = \overline{1, I},$$

и определяется

$$\beta_{iN}^1 = 1 - \sum_{n=1}^{N-1} \beta_{in}^1, \quad i = \overline{1, I}.$$

2. Организация итерационного поиска с использованием градиентного алгоритма [11]:

$$\alpha_i^{k+1} = \alpha^k + a^{k+1} \frac{\partial \psi(\alpha_i^k, \beta_i^k)}{\partial \alpha_i} = \alpha_i^k + a^{k+1} \sum_{n=1}^N \beta_{in}^k C_{in} V^0,$$

где  $\alpha^k, \alpha^{k+1}$  – значения оптимизируемой переменной на предыдущей и последующей итерациях.

$a^{k+1}$  – величина шага движения в направлении вектора градиента, значение  $a^1$  задается экспертом. Величина шага  $a^{k+1}$  выбирается следующим образом. Задается произвольное число  $a$ , определяется точка  $\alpha$  с координатами  $\alpha_i = \alpha_i^k + a \sum_{n=1}^N \beta_n^k C_{in} V$ , вычисляется  $\psi(\alpha)$  и проверяется выполнение условия локального улучшения [11]. Если оно выполняется, то  $a^{k+1} = a$ , в противном случае вычисляется  $a = \lambda a$ , где  $0 < \lambda < 1$  и вновь проверяется выполнение условия.

Проверяется условие  $\sum_{i=1}^{I-1} \alpha_i^{k+1} < 1$ . При выполнении определяется

$$\alpha_i^{k+1} = 1 - \sum_{i=1}^{I-1} \alpha_i^{k+1},$$

в противном случае подбирают новое  $a$ , соответствующее условию локального улучшения.

Аналогичным образом организуется поиск  $\beta^{k+1}$  с использованием градиентного алгоритма:

$$\beta_i^{k+1} = \beta_{in}^k + b^{k+1} \frac{\partial \psi(\lambda_i^k, \beta_{in}^k)}{\partial \beta_n} = \beta_{in}^k + b^{k+1} \sum_{i=1}^n \alpha_i^k C_{in} V^0, \quad i = \overline{1, I}$$

3. Останов итерационного процесса на  $K$ -й итерации по правилу

$$\sum_{i=1}^I \left( \frac{\partial \psi(\alpha_i^k)}{\partial \alpha_i} \right)^2 \leq \varepsilon_1, \quad \sum_{n=1}^N \left( \frac{\partial \psi(\beta_{in}^k)}{\partial \beta_n} \right)^2 \leq \varepsilon_2, \quad (8)$$

где  $\varepsilon_1, \varepsilon_2 > 0$  – малые числа, задаваемые экспертом.

При выполнении (8) получаем значения, приближенные к оптимальным значениям оптимизируемых переменных

$$\alpha_i^* = \alpha_i^K, \quad i = \overline{1, I}; \quad \beta_{in}^* = \beta_{in}^K, \quad n = \overline{1, N}, i = \overline{1, I}$$

и определяем плановые объемы информационных потоков для каждого объекта  $O_i$ :

$$V_i^* = \alpha_i^* V^0, \quad i = \overline{1, I}; \quad V_{in}^* = \beta_{in}^* \alpha_i^* V^0, \quad n = \overline{1, N}, i = \overline{1, I}.$$

В противном случае возвращаемся к шагу 2.

### Формирование модели и алгоритма оптимизации использования результатов цифрового трансфера потребителями

Вторая часть ОСЦКРД направлена на взаимодействие потребителей  $\Pi_i, \overline{1, J}$  с управляющим центром на основе использования информационного потока с количеством элементов  $V^0$ , интегрированных цифровым концентратором при взаимодействии с производителями  $O_i, \overline{1, I}$ . Потребители используют объединенный информационный поток в следующих объемах:

$V^\Pi$  – допустимое количество элементов объединенного информационного потока потребителей, устанавливаемое управляющим центром на период функционирования  $T$ ;

$V_j$  – количество элементов объединенного информационного потока, используемых  $j$ -м потребителем;

$V_{jm}$  – количество элементов информационного потока  $j$ -го потребителя, используемого по  $m$ -й  $\overline{1, M}$  категории результатов деятельности производителей.

Связь между этими величинами так же, как для первой части ОСЦКРД, представим в виде линейных соотношений:

$$V_j = \gamma_j \cdot V^\Pi, \quad (9)$$

где  $\gamma_j$  – коэффициент, определяющий  $j$ -ю часть в объединенном информационном потоке потребителей

$$\gamma_j^{\min} \leq \gamma_j \leq \gamma_j^{\max}, \quad \sum_{j=1}^J \gamma_j = 1, \quad (10)$$

$$\gamma_j^{\min} = \frac{S_j^{\min}}{\sum_{j=1}^J S_j^{\min}},$$

$$\gamma_j^{\max} = \frac{S_j^{\max}}{\sum_{j=1}^J S_j^{\max}},$$

где  $S_j^{\min}$ ,  $S_j^{\max}$  – минимальный и максимальный объемы средств, допустимые для использования в ОСЦКРД  $j$ -м потребителем;

$$V_{jm} = \delta_{jm} V^{\Pi}, \quad (11)$$

где  $\delta_{jm}$  – коэффициент, определяющий часть информационного потока  $j$ -го потребителя по  $m$ -й категории результатов деятельности производителей

$$\delta_{jm}^{\min} \leq \delta_{jm} \leq \delta_{jm}^{\max}, \quad \sum_{m=1}^M \delta_{jm} = 1, \quad j = \overline{1, J}, \quad (12)$$

$$\delta_{jm}^{\min} = \frac{S_{jm}^{\min}}{\sum_{m=1}^M S_{jm}^{\min}}, \quad \delta_{jm}^{\max} = \frac{S_{jm}^{\max}}{\sum_{m=1}^M S_{jm}^{\max}},$$

где  $S_{jm}^{\min}$ ,  $S_{jm}^{\max}$  – минимальный и максимальный объемы средств, допустимых для использования в ОСЦКРД  $j$ -м потребителем по  $m$ -й категории результатов деятельности производителей.

Структурная схема информационного взаимодействия для второй части ОСЦКРД представлена на Рисунке 2.

В качестве экстремального требования предлагается минимизация суммарных затрат производителей  $\Pi_i, \overline{1, J}$  на генерацию информационных потоков и их трансфер через цифровой концентратор:

$$\Psi(\gamma_j, \delta_{jm}) = \sum_{j=1}^J \gamma_j \sum_{m=1}^M \delta_{jm} C_{jm} V^{\Pi} \rightarrow \min_{\gamma_j, \delta_{jm}}, \quad (13)$$

где  $C_{jm}$  – средняя величина затрат  $j$ -го производителя на один элемент по  $m$ -й категории результатов деятельности производителей.

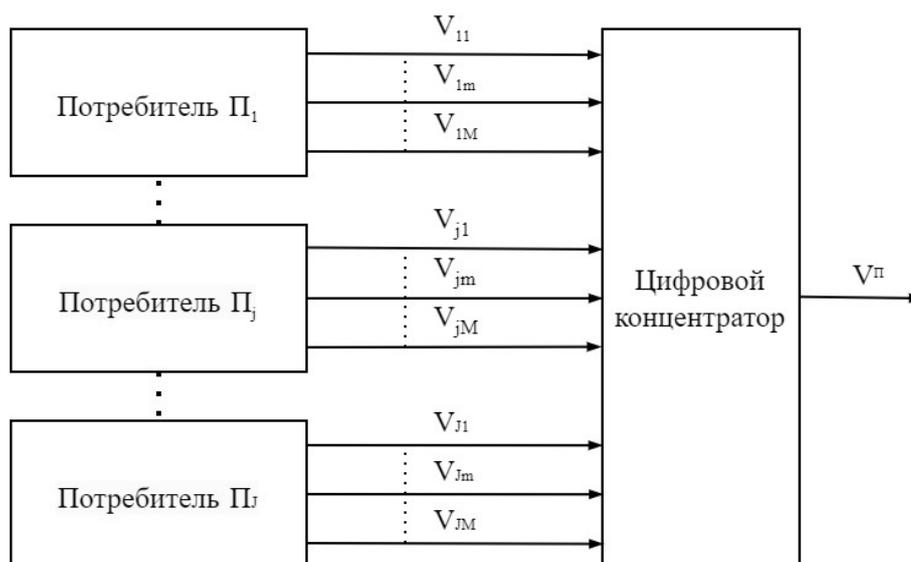


Рисунок 2 – Структура информационного взаимодействия потребителей и управляющего центра

Figure 2 – Structure of consumer information interaction and control center

Граничные требования определяются условиями (10), (12), которые одновременно обеспечивают выполнение балансового условия в рамках структуры по Рисунку 2

$$\sum_{j=1}^J \sum_{m=1}^M V_{jm} = V^n, \quad (14)$$

Объединяя (10), (12), (13), получаем следующую оптимизационную модель:

$$\begin{aligned} & \sum_{j=1}^J \gamma_j \sum_{m=1}^M \delta_{jm} C_{jm} V^\Pi \rightarrow \min_{\gamma_j \delta_{jm}}, \\ & \sum_{j=1}^J \gamma_j = 1, \quad \gamma_j^{\min} \leq \gamma_j \leq \gamma_j^{\max}, \quad j = \overline{1, J}, \\ & \sum_{m=1}^M \delta_{jm} = 1, \quad \delta_{jm}^{\min} \leq \delta_{jm} \leq \delta_{jm}^{\max}, \quad m = \overline{1, M}, j = \overline{1, J}. \end{aligned} \quad (15)$$

Алгоритм поиска решения оптимизационной задачи (15) аналогичен алгоритму для задачи (7), изложенному выше. Особенность состоит в значениях частных производных целевой функции (13), которые влияют на вычисления в соответствии с градиентным алгоритмом:

$$\begin{aligned} \gamma_j^{k+1} &= \gamma_j^k + f^{k+1} \frac{\partial \psi(\gamma_j^k, \delta_{jm}^k)}{\partial \gamma_j} = \gamma_j^k + f^{k+1} \sum_{m=1}^M \delta_{jm}^k C_{jm} V^\Pi, \quad j = \overline{1, J-1}, \\ \delta_{jm}^{k+1} &= \delta_{jm}^k + g^{k+1} \frac{\partial \psi(\gamma_j^k, \delta_{jm}^k)}{\partial \delta_{jm}} = \delta_{jm}^k + g^{k+1} \sum_{j=1}^J \gamma_j^k C_{jm} V^\Pi, \quad m = \overline{1, M-1}, j = \overline{1, J}, \end{aligned}$$

где  $f^{k+1}, g^{k+1}$  – величины шагов в направлении градиента на  $(k+1)$ -й итерации.

Изменяются условия останова

$$\sum_{j=1}^J \left( \frac{\partial \psi(\gamma_j^k)}{\partial \gamma_j} \right)^2 \leq \varepsilon_3, \quad \sum_{m=1}^M \left( \frac{\partial \psi(\delta_{jm}^k)}{\partial \delta_{jm}^k} \right)^2 \leq \varepsilon_4, \quad (16)$$

где  $\varepsilon_3, \varepsilon_4 > 0$  – малые числа, задаваемые экспертом.

При выполнении (16) получаем приближенные к оптимальным значения оптимизируемых переменных

$$\gamma_j^* = \gamma_j^K, \quad j = \overline{1, J}, \quad \delta_{jm}^* = \delta_{jm}^K, \quad m = \overline{1, M}, j = \overline{1, J}$$

и определяем плановые объекты информационных потоков, генерируемых потребителями  $\Pi_i, j = \overline{1, J}$

$$V_j^* = \gamma_j^* V^\Pi, \quad j = \overline{1, J}; \quad V_{jm}^* = \delta_{jm}^* \gamma_j^* V^\Pi, \quad m = \overline{1, M}, j = \overline{1, J}.$$

### Заключение

Расширение возможностей цифровых технологий в функционировании организационных систем приводит к созданию нового механизма обеспечения

эффективного взаимодействия производителей и потребителей результатов деятельности. В тех случаях, когда такое взаимодействие осуществляется на основе трансфера информационных потоков, целесообразно рассматривать пути повышения эффективности управления в организационных системах с цифровым концентратором результатов деятельности. Одним из таких путей является интеллектуализация принятия управленческих решений на основе оптимизационного моделирования.

Оптимизационное моделирование информационных потоков со стороны производителей и потребителей различаются математическим описанием распределения плановых объемов информации, обрабатываемых в цифровом концентраторе с использованием коэффициентов, интервалы изменения которых отражают минимальные и максимальные плановые объемы экономических показателей каждого объекта ОСЦКРД. Задачи оптимизации характеризуются нелинейным описанием экстремальных требований и линейным – граничным, что определяет особенности алгоритмической процедуры поиска оптимизационного решения.

Приемлемым вариантом алгоритмизации принятия решения на основе оптимизационных моделей является объединение в общем итерационном цикле трех составляющих: выбор начальных значений оптимизируемых переменных на первой итерации с использованием последовательности случайных чисел, генерируемой на заданном интервале; градиентного поиска экстремума целевой функции при алгоритмическом учете ограничений; использование правила останова итерационного процесса по величине модуля вектора градиента целевой функции.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ / REFERENCES

1. Вайл П., Ворнер С. *Цифровая трансформация бизнеса: Изменение бизнес-модели для организации нового поколения*. Москва: Альпина Паблишер; 2019. 257 с.  
Weill P., Woerner S. *What's Your Digital Business Model?: Six Questions to Help You Build the Next-Generation Enterprise*. Harvard Business Review Press; 2018. 256 p.
2. Шеффер Э. *Индустрия X.0. Преимущества цифровых технологий для производства*. Москва: Издательская группа «Точка»; 2019. 320 с.  
Schaeffer E. *Industry X.0. Realizing Digital Value in Industrial Sectors*. Munich: Kogan Page; 2017. 192 p.
3. Селезнёва М.П. Электронные аукционы в условиях цифровой трансформации. *Экономика и бизнес: теория и практика*. 2021;(11-1):197–199.  
<https://doi.org/10.24412/2411-0450-2021-11-1-197-199>  
Selezneva M.P. Electronic auctions in the conditions of digital transformation. *Ekonomika i biznes: teoriya i praktika = Economy and Business: Theory and Practice*. 2021;(11-1):197–199. (In Russ.). <https://doi.org/10.24412/2411-0450-2021-11-1-197-199>
4. Владимирова И.Л., Барешенкова К.А. Цифровой инжиниринг в сфере закупок при реализации инвестиционно-строительных проектов. *Экономика, предпринимательство и право*. 2020;10(2):377–394.  
Vladimirova I.L., Bareshenkova K.A. Digital engineering in procurement for investment and construction projects. *Ekonomika, predprinimatel'stvo i pravo = Journal of Economics, Entrepreneurship and Law*. 2020;10(2):377–394. (In Russ.).
5. Бижоев Б.М. Цифровая институциональная трансформация электронных торговых площадок в сфере государственных закупок Российской Федерации. *МИР (Модернизация. Инновации. Развитие)*. 2021;12(4):416–433.  
<https://doi.org/10.18184/2079-4665.2021.12.4.416-433>

- Bizhiov V.M. Digital Institutional Transformation of Electronic Trading Platforms in the Field of Public Procurement of the Russian Federation. *MIR (Modernizatsiya. Innovatsii. Razvitiye) = MIR (Modernization. Innovation. Research)*. 2021;12(4):416–433. (In Russ.). <https://doi.org/10.18184/2079-4665.2021.12.4.416-433>
6. Лукьяненко В.Е., Хижов Д.О. Организационно-правовые вопросы регулирования деятельности электронных торговых площадок (ЭТП) для обеспечения публичных и коммерческих нужд заказчиков товаров (работ, услуг) и исполнителей заказов. *Аграрное и земельное право*. 2017;(4):75–82.  
Lukyanenko V.E., Hizhov D.O. Constitutional matters regulating the activities of electronic trading platforms (ETP) to ensure public and commercial needs of the customers of goods (works, services) and performers orders. *Agrarnoe i zemel'noe pravo = Agrarian and Land Law*. 2017;(4):75–82. (In Russ.).
  7. Львович Я.Е., Львович И.Я., Чопоров О.Н. и др. *Оптимизация цифрового управления в организационных системах*. Воронеж: Издательско-полиграфический центр «Научная книга»; 2021. 191 с.  
L'vovich Ya.E., L'vovich I.Ya., Choporov O.N. et al. *Optimizatsiya tsifrovogo upravleniya v organizatsionnykh sistemakh*. Voronezh: Publishing and Printing Center «Nauchnaya kniga»; 2021. 191 p. (In Russ.).
  8. Рындин Н.А., Скворцов Ю.С., Тишуков Б.Н. *Цифровизация управления в организационных системах агропромышленных предприятий*. Воронеж: Издательско-полиграфический центр «Научная книга»; 2022. 148 с.  
Ryndin N.A., Skvortsov Yu.S., Tishukov B.N. *Tsifrovizatsiya upravleniya v organizatsionnykh sistemakh agropromyshlennykh predpriyatii*. Voronezh: Publishing and Printing Center «Nauchnaya kniga»; 2022. 148 p. (In Russ.).
  9. Бурков В.Н., Кузнецов Н.А., Новиков Д.А. Механизмы управления в сетевых структурах. *Автоматика и телемеханика*. 2002;(12):96–115.  
Burkov V.N., Kuznetsov N.A., Novikov D.A. Control Mechanisms in Network Structures. *Automation and Remote Control*. 2002;63(12):1947–1965. <https://doi.org/10.1023/A:1021695432453>
  10. Дудников Е.Е., Цодиков Ю.М. *Типовые задачи распределения материальных потоков непрерывного производства*. Москва: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова Российской академии наук; 1973. 60 с.  
Dudnikov E.E., Tsodikov Yu.M. *Tipovye zadachi raspredeleniya material'nykh potokov nepreryvnogo proizvodstva*. Moscow: V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of Russian Academy of Sciences; 1973. 60 p. (In Russ.).
  11. Львович И.Я., Львович Я.Е., Фролов В.Н. *Информационные технологии моделирования и оптимизации. Краткая теория и приложения*. Воронеж: Издательско-полиграфический центр «Научная книга»; 2016. 444 с.  
L'vovich I.Ya., L'vovich Ya.E., Frolov V.N. *Informatsionnye tekhnologii modelirovaniya i optimizatsii. Kratkaya teoriya i prilozheniya*. Voronezh: Publishing and Printing Center «Nauchnaya kniga»; 2016. 444 p. (In Russ.).

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Львович Яков Евсеевич**, доктор технических наук, профессор, Воронежский институт высоких технологий, Воронеж, Российская Федерация. **Yakov E. Lvovich**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Voronezh Institute of High Technologies, Voronezh, the Russian Federation.

e-mail: [office@vvt.ru](mailto:office@vvt.ru)

ORCID: [0000-0002-7051-3763](https://orcid.org/0000-0002-7051-3763)

**Пупыкин Алексей Николаевич**, аспирант, **Alexey N. Pupykin**, Postgraduate Student,  
Воронежский институт высоких технологий, Voronezh Institute of High Technologies,  
Воронеж, Российская Федерация. Voronezh, the Russian Federation.  
*e-mail:* [mymailvrn98@gmail.com](mailto:mymailvrn98@gmail.com)

*Статья поступила в редакцию 07.05.2024; одобрена после рецензирования 03.06.2024;  
принята к публикации 11.06.2024.*

*The article was submitted 07.05.2024; approved after reviewing 03.06.2024;  
accepted for publication 11.06.2024.*