DOI: https://doi.org/10.15688/jvolsu1.2016.4.3
УДК 519.6
ББК 22.19+20.1

МОДЕЛЬ АДАПТАЦИИ ОПЕРАЦИОННОГО ЯДРА ОРГАНИЗАЦИИ [1]

Александр Александрович Воронин

Доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой фундаментальной информатики и оптимального управления,
Волгоградский государственный университет
voronin.prof@gmail.com, fiou@volsu.ru
просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация

Михаил Алексеевич Харитонов

Младший научный сотрудник кафедры фундаментальной информатики и оптимального управления,
Волгоградский государственный университет
kharitonov.mihail@gmail.com, kharitonov@volsu.ru, fiou@volsu.ru
просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация

Аннотация. В статье описывается модель адаптации операционного ядра организации в условиях нестабильной внешней среды, представлены результаты численного решения соответствующей оптимизационной задачи. Операционное ядро представлено в виде графа с переменным числом вершин и структурнозависимой производственной функцией Леонтьева. Приведены аналитические оценки значений производственной функции для некоторой области значений технологических коэффициентов.

Ключевые слова: адаптация, неопределенность, организационная система, операционное ядро, оптимизация структуры, производственная функция.

Введение

Высокая эффективность современных организаций, функционирующих в условиях конкуренции, глобализации, ускоряющихся информационных, технических и технологических инноваций, требует поддержания высокой адаптивности, то есть непрерывных организационных изменений. Проблема организационных (структурных) изменений в последние десятилетия широко обсуждается в работах по менеджменту и теории организаций. Среди авторов следует выделить I. Adizes [22], R.R. Blake и J.S. Mouton [24], J. Champy [25], R.M. Grant и др. [26], S. Kauffman [27], G. Mincberg [29], P. Watzlawick и др. [32], Q. Tran и Y. Tian [30], K.E. Weick и R.E. Quinn [32]. В то же время на фоне многочисленных неформальных теорий и моделей адаптации и развития организаций наблюдается весьма малое число соответствующих содержательных математических моделей (W.P. Barnett и G.R. Carroll [23], Д.А. Новиков [14–17], А.А. Воронин и С.П. Мишин [3; 5; 7; 12; 13], М.В. Губко [8–10], П.В. Рожихин [19–21] и др.) К настоящему времени в этой области еще не создано более или менее общего понятийного и алгоритмического математического аппарата, и имеющиеся результаты фрагментарны. Различные основания классификации задач управления организацией порождают различные подходы к задачам оптимизации организационной структуры. Одно из таких оснований — временной интервал, разделяющий управление функционированием и управление изменениями. Оптимизацию структуры традиционно включают в последний класс управленческих задач.

Необходимость структурной оптимизации возникает как при создании новой организации (организационный дизайн), так и в процессе функционирования уже существующей (реинжиниринг). В свою очередь процесс организационного дизайна традиционно делится на следующие три этапа: определение технологии, построение структуры и механизмов управления. Такое разделение задач обосновывается не столько (имеющей место) большой сложностью каждой из них в отдельности, сколько предположением о раздельном их существовании в практике менеджмента.

При очевидных достоинствах подхода также очевидны его ограничения. Во-первых, в условиях глобального инновационного процесса период стационарности технологической структуры невелик. При этом частые изменения техноструктуры происходят при фиксированной оргструктуре и организационных механизмах, что актуализирует анализ взаимообусловленности всех этапов (прямые и обратные задачи). Во-вторых, существуют организации, механизмы функционирования которых существенно ограничены природными, экономическими, институциональными ограничениями, поэтому структурные изменения в них служат способом решения многих задач управления. В-третьих, традиционный подход не позволяет учесть вклад оргструктуры в конечный продукт, поэтому доход считается не зависящим от последней, и ее оптимизация сводится к минимизации затрат, что не подтверждается эмпирически. В-четвертых, в рамках подхода трудно учитывать вклад в конечный результат и обосновывать эффективность процедур учета и планирования, поэтому эти части механизма функционирования часто остаются за рамками исследования, тогда как в некоторых организациях совокупные затраты на учет и планирование сравнимы с затратами на основное производство.

Моделируя свойства адаптивности, нельзя не учитывать взаимовлияний организационной структуры и механизмов управления, технологической и управленческой подсистем. С этих позиций естественной является трактовка управления функционированием организации как процесса поддержания оптимальности ее структуры (путем ее изменения) в условиях неизбежных флуктуаций факторов производства на всех уровнях.

Как известно, теория факторов производства разделяет аппарат моделирования макро- и микроэкономических процессов. Макроэкономическое моделирование предполагает построение производственной функции (ПФ) на основе самых эффективных процессов производства. Адаптационные свойства организаций учитываются в макроэкономической ПФ неявно через свойство эластичности ПФ по факторам производства, которое можно объяснить как неявным учетом многообразия эффективных технологий неадаптивных технологий различных организаций, так и адаптивными свойствами последних. В микроэкономическом моделировании, где вид ПФ позволяет вычленять роль отдельных структурных элементов, традиционно предполагается неизменность структурно-функциональной модели организаций, что также не позволяет напрямую анализировать адаптационные их свойства. Объединение этих подходов позволяет в некоторой степени моделировать процессы организационных изменений.

В рамках представленного в настоящей работе подхода предполагается, что структура операционного ядра (ОЯ) организации состоит из базовой (неизменной) и переменной вспомогательной структур. Базовая структура может быть представлена графом, вершины которого отвечают элементам технологии с фиксированными факторными пропорциями. Изменения внутренней и внешней среды организации приводят к отклонениям факторных пропорций от их наиболее эффективных значений потенциально в каждой вершине технологического графа. Смягчение или ликвидация этих отклонений является целью вспомогательной структуры, потенциально встраиваемой между всеми парами вершин базового графа. Оптимальное управление последней придает свойство адаптивности всей структуре ОЯ. В настоящей работе базовая технология представлена одной вершиной. В [4; 6] представлены модели статической и динамической оптимизации вспомогательной структуры ОЯ ОС. В статье дано обобщение модели оптимального управления вспомогательной структурой ОЯ ОС со структурнозависимой ПФ в виде суперпозиции элементарных ПФ Леонтьева, рассмотренной в статьях [4; 6].

1. Структура и производственная функция специализированного преобразователя

В качестве элементарной ПФ каждого элемента вспомогательной структуры ОЯ с неизменной технологией (простого преобразователя — ПП) используется ПФ Леонтьева [11] $F = k\min(f_1/a_1, \ldots, f_m/a_m)$, где f_i — величины аргументов — трансформационных факторов производства, a_i — технологические коэффициенты, k — нормирующий множитель, выбираемый так, чтобы максимальное значение ПФ равнялось сумме величин ее аргументов. Использование m-факторной модели позволяет учитывать векторную природу макроэкономических факторов производства.

В условиях устойчивых межфакторных диспропорций или флуктуаций трансформационных факторов среднее значение ПФ ПП значительно ниже ее максимума.

Свойство эластичности по аргументам (входам) появляется в специализированном преобразователе (СП) — последовательности нескольких вспомогательных ПП, производящих при необходимости недостающую часть одного из факторов производства для достижения максимальной эффективности (последнего в цепочке) базового ПП, отвечающего основному производству. Эластичность СП по входам растет вместе с длиной цепочки до достижения максимума при некоторой ее (конечной) длине. Рассмотрим СП с входами $N, R^1N, R^2N, \ldots, R^{m-1}N$ ($R^1N, R^2N, \ldots, R_{m-1}N$ соответственно части факторов $R^1, R^2, \ldots, R^{m-1}$, участвующие в производстве недостающей части фактора N) и возможностью производства части фактора N в цепочке из n ПП (рис. 1).

Определение 1. *Структурой m-факторного специализированного преобразователя (СП) назовем граф $G_{N,m}(V, E)$. Здесь $V = \{N, \{R^iN\}_{i=1}^{m-1}, \{N_j\}_{j=1}^{n}, F_N\}$ — множество вершин $G_{N,m}(V, E)$, вершины N, $\{R^iN\}_{i=1}^{m-1}$ соответствуют величинам исходных факторов производства N, R^1N, R^2N,..., $R^{m-1}N$, вершины $\{N_j\}_{j=1}^{n}$ соответствуют последова-*

тельным n этапам вспомогательного производства, вершина F_N — значение производственной функции СП(N, m).

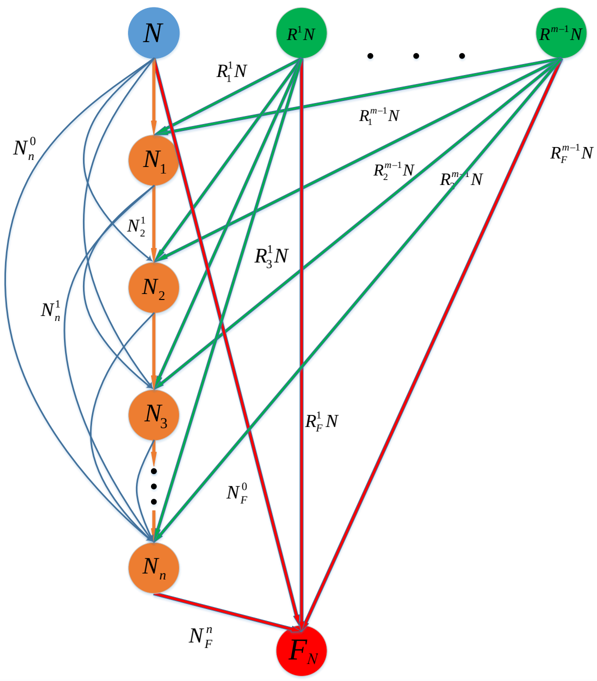


Рис. 1. Структура m-факторного специализированного преобразователя с производством части фактора N, состоящего из n простых преобразователей (СП(N, m))

ПФ этого СП задается системой уравнений (1)–(3):

$$\sum_{i=1}^{n} N_i^0 + N_F^0 = N, \sum_{i=1}^{n} R_i^j N + R_F^j N = R^j N, j = \overline{1, m-1}. \tag{1}$$

$$f_1 = S_{a_1^i} \min\left(\frac{N_1^0}{a_1^0}, \frac{R_1^1 N}{a_1^1}, \ldots, \frac{R_1^{m-1} N}{a_1^{m-1}}\right), S_{a_1^i} = \sum_{i=0}^{m-1} a_1^i,$$

$$f_2 = S_{a_2^i} \min\left(\frac{f_1 + N_2^0}{a_1^0}, \frac{R_2^1 N}{a_2^1}, \ldots, \frac{R_2^{m-1} N}{a_2^{m-1}}\right),$$

$$f_k = S_{a_k^i} \min\left(\frac{1}{a_k^0}\left(f_{k-1} + \sum_{i=1}^{k-2} N_k^i + N_k^0\right), \frac{R_k^1 N}{a_k^1}, \ldots, \frac{R_k^{m-1} N}{a_k^{m-1}}\right), k = \overline{3, n}. \tag{2}$$

$$F_N = S_{A^i} \min\left(\frac{1}{A^0}\left(f_n + \sum_{i=1}^{n-2} N_n^i + N_F^0\right), \frac{R_F^1 N}{A^1}, \ldots, \frac{R_F^{m-1} N}{A^{m-1}}\right). \tag{3}$$

Проиллюстрируем функционирование в СП на следующем примере.

Пример 1. Пусть $m = 3$, $N = 0.1$, $R^1 N = 1$, $R^2 N = 1$:

1) При $n = 1$, $a_1^i = A^i = 1$, $i = 0, 1, 2$ (см. рис. 2 a)):

$$N_F^1 = 3\min\left(N_1^0, R_1^1 N, R_1^2 N\right) = 3\min\left(0.1, 0.1, 0.1\right) = 0.3,$$

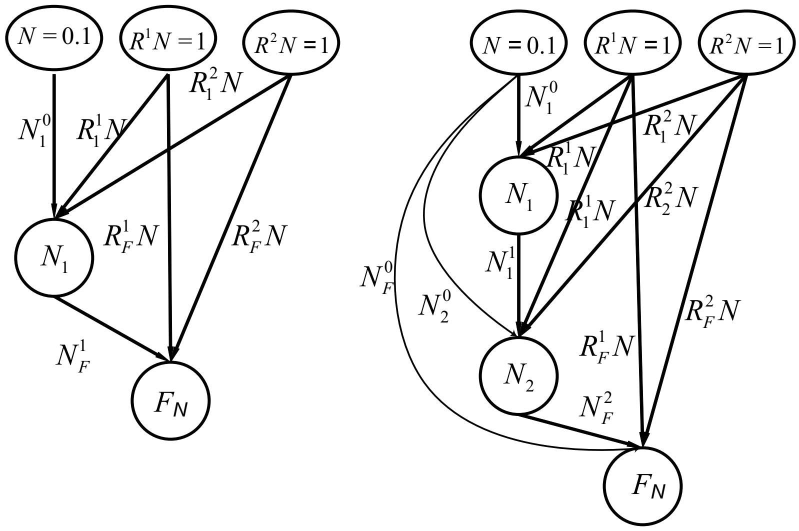
$$F_N = 3\min\left(N_F^1 + N_F^0, R_F^1 N, R_F^2 N\right) = 3\min\left(0.3, 0.3, 0.3\right) = 0.9.$$

2) При $n = 2$, $a_1^i = a_2^i = A^i = 1$, $i = 0, 1, 2$ (см. рис. 2 b)):

$$N_2^1 = 3\min\left(N_1^0, R_1^1 N, R_1^2 N\right) = 3\min\left(0.066, 0.066, 0.066\right) = 0.2,$$

$$N_F^2 = 3\min\left(N_2^1 + N_2^0, R_2^1 N, R_2^2 N\right) = 3\min\left(0.2 + 0.033, 0.233, 0.233\right) = 0.7,$$

$$F_N = 3\min\left(N_F^2 + N_F^0, R_F^1 N, R_F^2 N\right) = 3\min\left(0.7 + 0, 0.7, 0.7\right) = 2.1.$$



a) b)

Рис. 2. Структура специализированного преобразователя с производством части фактора N: a) $m = 3$, $n = 1$; b) $m = 3$, $n = 2$

Из переменных системы (1)–(3) составим вектор факторных потоков СП

$$\varphi_N = \left(\{\{N_i^j\}_{i=j+1}^n\}_{j=0}^{n-1}, \{\{R_i^l\}_{i=1}^n\}_{l=1}^{m-1}, \{N_F^i\}_{i=1}^n, \varphi_F\right), \tag{4}$$

где $\{\{N_i^j\}_{i=j+1}^n\}_{j=0}^{n-1} = \{N_1^j, N_2^j, \ldots, N_n^j\}_{j=0}^{n-1} = N_1^0, N_2^0, \ldots, N_n^0, \ldots, N_2^1, N_2^2, \ldots, N_n^2, \ldots, N_{n-1}^{n-2}, N_n^{n-1}$.

Задача оптимизации ПФ СП (1)–(3) с переменной структурой при фиксированных значениях N, R^1N, $R^2N, \ldots, R^{m-1}N$ имеет вид:

$$F_N = S_{A^i}\min\left(\frac{1}{A^0}\left(f_n + \sum_{i=1}^{n-2} N_n^i + N_F^0\right), \frac{R_F^1 N}{A^1}, \ldots, \frac{R_F^{m-1} N}{A^{m-1}}\right) \to \max_{\varphi_N, n}. \tag{5}$$

Сформулируем несколько утверждений относительно возможной оценки значений ПФ (5) для различных значений параметров, в частности, влияние технологических коэффициентов, межфакторных диспропорций и сложности структуры СП.

Утверждение 1. *Для m-факторного СП с технологическими коэффициентами $a_i^j = 1$, $A^j = 1$, $i = \overline{1,n}$, $j = \overline{0, m-1}$, и пропорциями между входами*

$$\frac{N}{R^i N} = x, \quad \frac{R^j N}{R^i N} = 1, \quad x < 1, \quad i,j = \overline{1, m-1} \tag{6}$$

решение оптимизационной задачи (5) имеет следующую оценку сверху:

$$F_m(n,x) \leq \begin{cases} m^{n+1}x, n \leq n^* \\ x + m - 1, n > n^* \end{cases}, \tag{7}$$

где $n^* = \lfloor \frac{\ln \frac{m-1+x}{x}}{\ln m} \rfloor$.

Доказательство. Сначала докажем $m^{n+1}x, n \leq n^*$.

$$N_1^0 + N_2^0 + \ldots + N_n^0 + N_F^0 = x \leq 1; \qquad \sum_{i=\overline{1,n}, j=\overline{1,m-1}} R_i^j N = 1;$$

$$N_2^1 + N_3^1 + \ldots + N_n^1 = m \min\left(N_1^0, R_1^1, \ldots, R_1^{m-1}\right).$$

Здесь и далее полагаем, что $f_k = N_{k+1}^k$. Выразим f_k

$$f_1 = m \min\left(N_1^0, R_1^1, \ldots, R_1^{m-1}\right) - \sum_{i=3}^{n} N_i^1;$$

$$N_3^2 + N_4^2 + \ldots + N_n^2 = m \min\left(f_1 + N_2^0, R_2^1, \ldots, R_2^{m-1}\right),$$

$$f_2 = m \min\left(f_1 + N_2^0, R_2^1, \ldots, R_2^{m-1}\right) - \sum_{i=4}^{n} N_i^2;$$

$$N_4^3 + N_5^3 + \ldots + N_n^3 = m \min\left(f_2 + N_2^0 + N_3^1, R_3^1, \ldots, R_3^{m-1}\right),$$

$$f_3 = m \min\left(f_2 + N_2^0 + N_3^1, R_3^1, \ldots, R_3^{m-1}\right) - \sum_{i=5}^{n} N_i^3;$$

$$N_5^4 + N_6^4 + \ldots + N_n^4 = m \min\left(f_3 + N_4^0 + N_2^1 + N_4^2, R_4^1, \ldots, R_4^{m-1}\right),$$

$$f_4 = m \min\left(f_3 + N_4^0 + N_2^1 + N_4^2, R_4^1, \ldots, R_4^{m-1}\right) - \sum_{i=6}^{n} N_i^4;$$

$$N_{k+1}^k + N_{k+2}^k + \ldots + N_n^k = m \min\left(f_{k-1} + N_k^0 + \sum_{i=1}^{k-2} N_k^i, R_k^1, \ldots, R_k^{m-1}\right),$$

$$f_k = m \min\left(f_{k-1} + N_k^0 + \sum_{i=1}^{k-2} N_k^i, R_k^1, \ldots, R_k^{m-1}\right) - \sum_{i=k+2}^{n} N_i^k;$$

$$k = \overline{2, n-2};$$

$$N_F^n = f_n = m \min\left(f_{n-1} + N_n^0 + \sum_{i=1}^{n-2} N_n^i, R_n^1, \ldots, R_n^{m-1}\right);$$

$$F = m\min\left(f_n + N_F^0, R_F^1, \ldots, R_F^{m-1}\right) = m\left(f_n + N_F^0\right) =$$

$$= m^2\left(f_{n-1} + N_n^0 + \sum_{i=1}^{n-2} N_n^i, R_n^1, \ldots, R_n^{m-1}\right) + mN_F^0 =$$

$$= m^2\left(f_{n-1} + N_n^0 + \sum_{i=1}^{n-2} N_n^i\right) + mN_F^0 = m^2 f_{n-1} + m^2 N_n^0 + m^2\sum_{i=1}^{n-2} N_n^i + mN_F^0 =$$

$$= m^3\min\left(f_{n-2} + N_{n-1}^0 + \sum_{i=1}^{n-3} N_{n-1}^i, R_{n-1}^1 N, \ldots, R_{n-1}^{m-1} N\right) +$$

$$+ m^2 N_n^0 + m^2\sum_{i=1}^{n-2} N_n^i + mN_F^0 =$$

$$= m^3 f_{n-2} + m^3 N_{n-1}^0 + m^3\sum_{i=1}^{n-3} N_{n-1}^i + m^2 N_n^0 + m^2\sum_{i=1}^{n-2} N_n^i + mN_F^0 =$$

$$= m^3(m\min\left(f_{n-3} + N_{n-2}^0 + \sum_{i=1}^{n-4} N_{n-2}^i, R_{n-2}^1 N, \ldots, R_{n-2}^{m-1} N\right) -$$

$$-\sum_{i=n}^{n} N_i^{n-2}) + m^3 N_{n-1}^0 + m^3\sum_{i=1}^{n-3} N_{n-1}^i + m^2 N_n^0 + m^2\sum_{i=1}^{n-2} N_n^i + mN_F^0 =$$

$$= m^4 f_{n-3} + m^4 N_{n-2}^0 + m^4\sum_{i=1}^{n-4} N_{n-2}^i - m^3\sum_{i=n}^{n} N_i^{n-2} +$$

$$+ m^3(N_{n-1}^0 + \sum_{i=1}^{n-3} N_{n-1}^i) + m^2(N_n^0 + \sum_{i=1}^{n-2} N_n^i) + mN_F^0 =$$

$$= m^4 f_{n-3} - m^3\sum_{i=n}^{n} N_i^{n-2} + m^4(N_{n-2}^0 + \sum_{i=1}^{n-4} N_{n-2}^i) +$$

$$+ m^3(N_{n-1}^0 + \sum_{i=1}^{n-3} N_{n-1}^i) + m^2(N_n^0 + \sum_{i=1}^{n-2} N_n^i) + mN_F^0 =$$

$$= m^4(m\min\left(f_{n-4} + N_{n-3}^0 + \sum_{i=1}^{n-5} N_{n-3}^i, R_{n-3}^1 N, \ldots, R_{n-3}^{m-1} N\right) -$$

$$-\sum_{i=n-1}^{n} N_i^{n-3}) - m^3\sum_{i=n}^{n} N_i^{n-2} + m^4(N_{n-2}^0 + \sum_{i=1}^{n-4} N_{n-2}^i) +$$

$$+ m^3(N_{n-1}^0 + \sum_{i=1}^{n-3} N_{n-1}^i) + m^2(N_n^0 + \sum_{i=1}^{n-2} N_n^i) + mN_F^0 = \ldots$$

$$\ldots = m^{n+1} N_1^0 - \sum_{k=1}^{n-2} m^{n-k+1}\sum_{i=k+2}^{n} N_i^k + \sum_{j=2}^{n} m^j(N_{n-j+2}^0 + \sum_{i=1}^{n-j} N_{n-j+2}^i) +$$

$$+\,mN_F^0 = m^{n+1}(x - \sum_{i=2}^{n} N_i^0 - N_F^0) - \sum_{k=1}^{n-2} m^{n-k+1} \sum_{i=k+2}^{n} N_i^k +$$
$$+ \sum_{j=2}^{n} m^j (N_{n-j+2}^0 + \sum_{i=1}^{n-j} N_{n-j+2}^i) + mN_F^0 =$$
$$= m^{n+1}x - m^{n+1}\sum_{i=2}^{n} N_i^0 - \sum_{k=1}^{n-2} m^{n-k+1} \sum_{i=k+2}^{n} N_i^k +$$
$$+ \sum_{j=2}^{n} m^j (N_{n-j+2}^0 + \sum_{i=1}^{n-j} N_{n-j+2}^i) - (m^{n+1}-m)N_F^0 =$$
$$= m^{n+1}x - m^{n+1}(N_2^0 + N_3^0 + \ldots + N_n^0) + (m^2N_n^0 + m^3N_{n-1}^0 + \ldots + m^nN_2^0) +$$
$$+ \sum_{j=2}^{n} m^j \sum_{i=1}^{n-j} N_{n-j+2}^i - \sum_{k=1}^{n-2} m^{n-k+1} \sum_{i=k+2}^{n} N_i^k - (m^{n+1}-m)N_F^0 =$$
$$= m^{n+1}x - \sum_{i=0}^{n-2}(m^{n+1} - m^{n-i})N_{i+2}^0 - (m^{n+1}-m)N_F^0 +$$
$$+ \sum_{j=2}^{n} m^j \sum_{i=1}^{n-j} N_{n-j+2}^i - \sum_{k=1}^{n-2} m^{n-k+1} \sum_{i=k+2}^{n} N_i^k \le$$
$$\le m^{n+1}x + \sum_{j=2}^{n} m^j \sum_{i=1}^{n-j} N_{n-j+2}^i - \sum_{k=1}^{n-2} m^{n-k+1} \sum_{i=k+2}^{n} N_i^k =$$
$$= m^{n+1}x + m^2(N_n^1 + N_n^2 + \ldots + N_n^{n-2}) + m^3(N_{n-1}^1 + N_{n-1}^2 + \ldots + N_{n-1}^{n-3}) +$$
$$+ m^4(N_{n-2}^1 + N_{n-2}^2 + \ldots + N_{n-2}^{n-4}) + \ldots + m^{n-1}N_3^1 -$$
$$- m^n(N_3^1 + N_4^1 + \ldots + N_n^1) - m^{n-1}(N_4^2 + N_5^2 + \ldots + N_n^2) - \ldots$$
$$\ldots - -m^3N_n^{n-2} = m^{n+1}x - (m^n - m^2)N_n^1 - (m^n - m^3)N_{n-2}^1 - \ldots$$
$$\ldots - (m^n - m^{n-1})N_3^1 - (m^{n-1} - m^2)N_n^2 - (m^{n-1} - m^3)N_{n-1}^2 - \ldots$$
$$\ldots - (m^{n-1} - m^{n-3})N_4^2 - \ldots (m^3 - m^2)N_n^{n-2} \le m^{n+1}x.$$

Докажем, что $F_m(n,x) \le x + m - 1$ при $n > n^*$.

Так как значение ПФ Леонтьева не превосходит суммы своих аргументов, то есть $F_m(n,x) \le m-1+x$, то оценку $F_m(n,x) \le m^{n+1}x$ можно использовать для тех значений n^*, при которых выполнено неравенство

$$m^{n+1}x \le m - 1 + x.$$

Пусть n^* — предельное значение n, для которого выполнено данное неравенство. Решив его, получаем $n^* = \frac{\ln \frac{m-1+x}{x}}{\ln m} - 1$, но так как n^* — целое, то

$$n^* = \lfloor \frac{\ln \frac{m-1+x}{x}}{\ln m} \rfloor. \qquad (8)$$

Утверждение доказано.

Утверждение 2. *Для m-факторного СП с технологическими коэффициентами $a_i^j = 1$, $A^j = 1$, $i = \overline{1,n}$, $j = \overline{0, m-1}$, и пропорциями между входами*

$$\frac{R^i N}{N} = x, \quad \frac{R^j N}{R^i N} = 1, \quad x < 1, \quad i, j = \overline{1, m-1} \tag{9}$$

решение оптимизационной задачи (5) имеет вид:

$$F_m(x, n) = mx. \tag{10}$$

Доказательство. Так как $\frac{R^i N}{N} = x < 1$, то

$$\begin{aligned} &f_1 = m \min\left(N_1^0, R_1^1 N, \ldots, R_1^p N\right) = 0,\\ &f_2 = m \min\left(f_1 + N_2^0, R_2^1 N, \ldots, R_2^p N\right) = 0,\\ &f_k = m \min\left(f_{k-1} + \sum_{i=1}^{k-2} N_k^i + N_k^0, R_k^1 N, \ldots, R_k^p N\right) = 0, k = \overline{3, n}. \end{aligned}$$

Так как $f_1 = 0, f_2 = 0, \ldots, f_k = 0$, то F имеет вид:

$$F = m \min\left(N_F^0, R_F^1 N, \ldots, R_F^p N\right).$$

Учитывая (9), получаем

$$F = m \min(1, x, \ldots, x) = mx.$$

2. Оптимизация вспомогательной структуры операционного ядра организационной системы

Определение 2. *Структурой m-факторного ОЯ назовем граф $G_{I,m}(V, E)$, включающий в себя m-СП* (см. рис. 1). *Здесь $V = \{N, \{R^i N\}_{i=1}^{m-1}, \{N_j\}_{j=1}^{n}, \{R^k, \{R^i R^k\}_{i=1}^{m-1}\}_{k=1}^{m-1}, \{N_j\}_{j=1}^{n}, \{\{R_j^i\}_{j=1}^{n}\}_{i=1}^{m-1}, F\}$ — множество вершин $G_{I,m}(V, E)$, вершины N, $\{R^i N\}_{i=1}^{m-1}$, $\{R^k, \{R^i R^k\}_{i=1}^{m-1}\}_{k=1}^{m-1}$ соответствуют величинам исходных факторов производства N, $\{R^i N\}_{i=1}^{m-1}$, $\{R^k, \{R^i R^k\}_{i=1}^{m-1}\}_{k=1}^{m-1}$, вершины $\{N_j\}_{j=1}^{n}$, $\{\{R_j^i\}_{j=1}^{n}\}_{i=1}^{m-1}$ соответствуют последовательным n этапам вспомогательного производства, вершина F — значение производственной функции ОЯ-$I(m)$.*

Структура ОЯ ОС — совокупность СП, обеспечивающих возможность вспомогательного производства каждого из факторов, — представлена на рисунке 3.

ПФ СП на рисунке 3 состоит из m СП (см. рис. 1), каждый из которых соответственно производит недостающие части факторов $N, R^1, \ldots, R^{m-1}$. На рисунке 3 обозначено: $R^1 N, \ldots, R^{m-1} N$ — соответственно части факторов $R^1, \ldots, R^{m-1}$, участвующие в производстве недостающей части фактора N; $R^1 R^1, \ldots, R^{m-1} R^1$ — соответственно части факторов $R^1, \ldots, R^{m-1}$, участвующие в производстве недостающей части фактора R_1; $R^1 R^{m-1}, \ldots, R^{m-1} R^{m-1}$ — соответственно части факторов $R^1, \ldots, R^{m-1}$, участвующие в производстве недостающей части фактора R^{m-1}. ПФ этого ОЯ имеет вид:

$$F = \sum_{i=0}^{m-1} A_i \min\left(\frac{F_N}{A_0}, \frac{F_{R^1}}{A_1}, \ldots, \frac{F_{R^{m-1}}}{A_{m-1}}\right) \to \max_{\Phi, \mathbf{n}}, \tag{11}$$

где $F_N, F_{R^1}, \ldots, F_{R^{m-1}}$ — значения соответствующего СП (определяются аналогично (5)). $\Phi = (\varphi_N, \varphi_{R^1}, \ldots, \varphi_{R^{m-1}}, \varphi_P)$ — вектор факторных потоков структуры ОЯ, а φ_N, φ_{R^1}, …, $\varphi_{R^{m-1}}$ — вектора факторных потоков соответствующего СП (определяются аналогично (4)), $\mathbf{n} = (n_N, n_{R^1}, \ldots, n_{R^{m-1}})$, где $n_N, n_{R^1}, \ldots, n_{R^{m-1}}$ — число слоев каждого СП $(N, R^1, \ldots, R^{m-1})$.

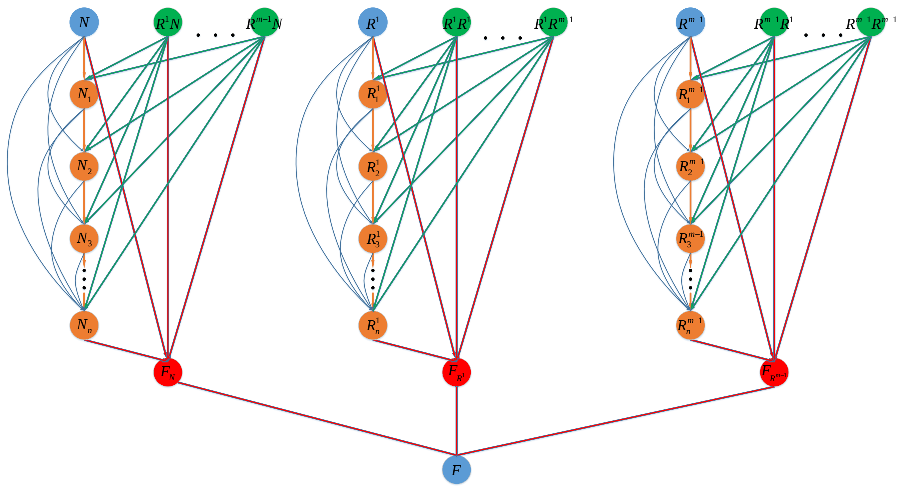


Рис. 3. Структура ОЯ ОС

Утверждение 3. *Для ОЯ ОС с единичными технологическими коэффициентами и пропорциями между входами*

$$\begin{array}{l} \frac{N}{R^iN} = x_0, \quad \frac{R^jN}{R^iN} = 1, \\ \frac{R^j}{R^iR^j} = x_j, \quad \frac{R^kR^j}{R^iR^j} = 1, \\ i,j,k = \overline{1,m-1} \\ \max\limits_{j=\overline{0,m-1}} x_j < 1, n = n_N = n_{R^1} = \ldots = n_{R^{m-1}} \end{array}$$

справедлива следующая верхняя оценка решения оптимизационной задачи (11):

$$F_m(n, x_{min}) \leq \begin{cases} m^{n+2}x_{min}, n \leq \lfloor \frac{\ln \frac{mx_{min}+m(m-1)}{x_{min}}}{\ln m} \rfloor - 1 \\ mx_{min} + m(m-1), n > \lfloor \frac{\ln \frac{mx_{min}+m(m-1)}{x_{min}}}{\ln m} \rfloor - 1 \end{cases}, \qquad (12)$$

где $x_{min} = \min\limits_{j=\overline{0,m-1}} x_j$.

Доказательство. Доказательство следует из утверждения 1.

Утверждение 4. *Для ОЯ ОС с единичными технологическими коэффициентами и пропорциями между входами*

$$\begin{array}{l} \frac{R^iN}{N} = x, \quad \frac{R^jN}{R^iN} = 1, \\ \frac{R^iR^j}{R_j} = x, \quad \frac{R^kR^j}{R^iR^j} = 1, \\ i,j,k = \overline{1,m-1} \\ x < 1, n = n_N = n_{R_1} = \ldots = n_{R^{m-1}}. \end{array}$$

Решение оптимизационной задачи (11) имеет вид:

$$F_m(x, n) = m^2 x. \tag{13}$$

Доказательство. Доказательство следует из утверждения 2.

3. Постановка задачи динамической оптимизации вспомогательной структуры операционного ядра организации в условиях определенности

Нестабильность внешней среды, как известно, может проявляться в виде динамичности и неопределенности. Рассмотрим случай определенной динамичности. Задача статической оптимизации (11) является составной частью динамической оптимизации структуры ОЯ ОС при заданных временных рядах значений факторов производства, заключающейся в поиске оптимального временного ряда структуры ОЯ $\mathbf{n}(t)$, максимизирующей целевую функцию ОС (здесь — прибыль ОС) на некотором плановом отрезке времени. Приведем формальную постановку задачи [4; 28].

Пусть $\Phi(n(t))$ — значение ПФ ОЯ, то есть решение задачи (11), при заданных значениях факторов производства в момент времени t и $\mathbf{n} = n_1 = n_2 = n_3 = n(t)$, $\gamma > 0$ — коэффициент добавленной стоимости.

Введем функции затрат на управление и изменение структуры ОЯ.

Определение 3. *Функцию $\Xi(n(t)) = \Xi(Q(n(t)), W(n(t)))$ назовем функцией затрат на управление ОЯ ОС, где $Q(n(t)) \geq 0$ — число простых преобразователей (постоянные затраты), $W(n(t)) \geq 0$ — число ненулевых факторных потоков (переменные затраты) в $n(t)$-слойной структуре ОЯ ОС, $\Xi(Q(n(t)), W(n(t)))$ — возрастающая по обоим аргументам функция.*

Определение 4. *Функцию $U = U(\Delta n(t))$ назовем функцией затрат на изменение (перестроение) структуры ОЯ ОС, где $\Delta n(t) = |n(t+1) - n(t)|$, $U(\Delta n(t))$ — возрастающая функция.*

Задача динамической оптимизации структуры ОЯ ОС при $t \in [0, T]$ имеет вид [4; 28]:

$$J = \sum_{t=0}^{T-1} J(n(t), t) + \hat{J}(n(T), T) \to \max_{n(t), t \in [0,T]}, \tag{14}$$

где $J(n(t), t) = \gamma\Phi(n(t)) - \alpha U(\Delta n(t)) - \beta\Xi(n(t))$; $\hat{J}(n(T), T) = \gamma\Phi(n(T)) - \beta\Xi(n(T))$, α, β — некоторые постоянные.

Задача (14) решается численно методом динамического программирования [1; 2; 18].

Уравнение Беллмана для задачи (14) имеет вид:

$$f(t) = \max_{n(t)} \{J(t) + f(t+1)\}, \quad t = \overline{1, T-1}, \quad f(T) = \max_{n(t)} \left\{\hat{J}(T)\right\}. \tag{15}$$

Значение $f(0)$ определяется с учетом заданного начального состояния структуры $n(0) = n_0$. Решение уравнения (15) при каждом t сводится к задачам (11). Решением задачи (14) является T-мерный вектор $\mathbf{n}^*$ оптимальной траектории изменения структуры ОЯ.

Вид целевой функции задачи (14) показывает, что ее фактическими параметрами являются величины $\xi = \dfrac{\alpha}{\gamma}$ и $\eta = \dfrac{\beta}{\gamma}$.

Введем два интегральных параметра решений задачи (14):

$$\mu = \frac{1}{T}\sum_{t=0}^{T} n^*(t), \quad \delta = \frac{1}{T}\sum_{t=0}^{T-1} \left| n^*(t+1) - n^*(t) \right|, \tag{16}$$

характеризующих соответственно среднюю сложность и среднюю изменчивость оптимальной структуры ОЯ ОС. Таким образом, каждой оптимальной траектории $n^*(t)$ можно поставить в соответствие векторный параметр $p = (\xi, \eta, \mu, \delta)$.

Анализ множества значений векторного параметра $p = (\xi, \eta, \mu, \delta)$ оптимальных траекторий $n^*(t)$ позволяет выделить на плоскости (ξ, η) зоны, отвечающие нескольким типовым динамическим режимам. Границы зон определяются параметрами (μ_0, δ_0) вырожденной задачи (14.0) (задача (14) при $\alpha = \beta = 0, \gamma > 0$). В качестве типовых режимов можно выделить следующие:

- Динамические режимы ($\delta > 0$):

  1) следящий динамический режим (режим, в котором оптимальная траектория $n^*(t)$ совпадает с соответствующей траекторией вырожденной задачи (14.0)) (I, $\mu = \mu_0, \delta = \delta_0$);
  2) динамический режим с упрощенной структурой ОЯ (II, $\mu < \mu_0, \delta \leq \delta_0$);
  3) динамический режим с усложненной структурой ОЯ (III, $\mu > \mu_0, \delta \leq \delta_0$);

- Стационарные режимы:

  1) режим с простейшей структурой ОЯ ($\delta = \frac{|n^*(1) - n^*(0)|}{T}$) (IV, $n(t_0) = n_0$, $n^*(t) = 1$, $\forall t > t_0$);
  2) режим с начальной структурой ОЯ ($\delta = 0$) (V, $n^*(t) = n_0$).

В зонах II и III величина δ уменьшается при удалении от начала координат в любом направлении.

3.1. Результаты численных экспериментов

Значение $\Phi(n(t))$ — значение ПФ ОЯ, определяется как решение оптимизационной задачи (11) согласно оценкам, полученным в утверждениях 3, 4. Предположим для простоты, что функция затрат на перестроение структуры ОЯ имеет следующий вид

$$U(t) = \alpha \left(n(t+1) - n(t) \right)^2,$$

а функция затрат на управление ОЯ в момент времени t имеет вид

$$\Xi(n(t)) = \beta \left(W(n(t)) + Q(n(t)) \right).$$

Приведем пример решения задачи (14) при единичных технологических коэффициентах для $m = 4$, $T = 10$. Считаем, что факторы производства заданы временными рядами, представленными на рисунке 4. Назовем этот пример задачей (14.a).

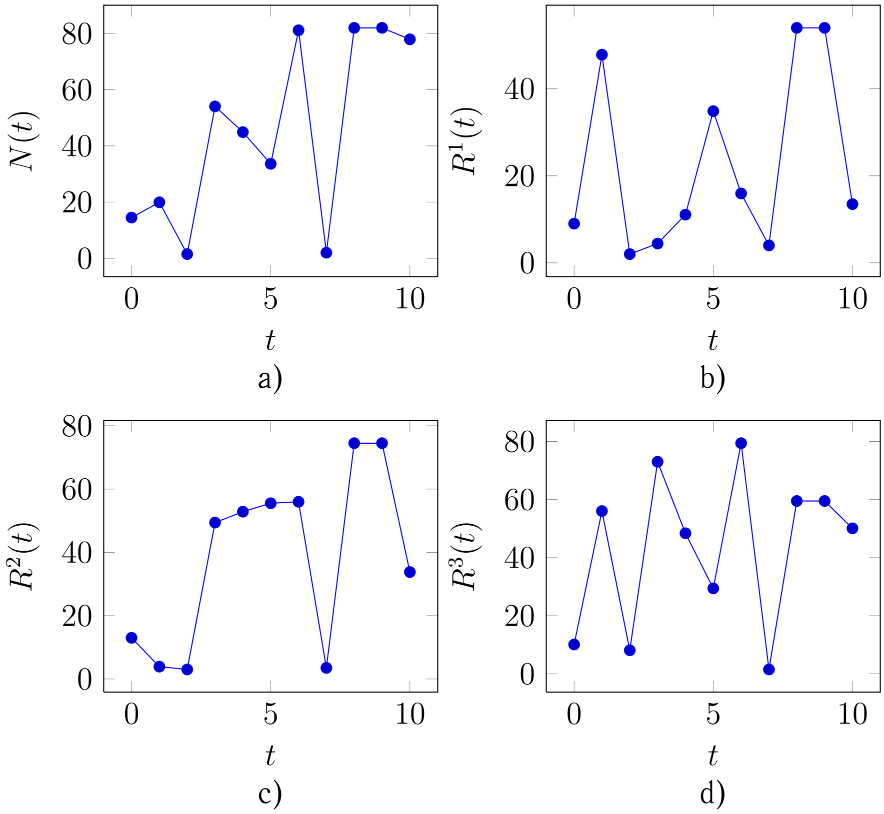


Рис. 4. Временной ряд факторов производства

При $\alpha = \beta = 0$ задача (14.a) распадается на независимые при каждом значении t задачи (11). Ее решение (вырожденная задача (14.a.0)) соответственно имеет вид: $n^*(t) = (2, 3, 3, 3, 2, 1, 2, 3, 1, 1, 2)$ (рис. 5a)).

На рисунке 5 приведены некоторые решения задачи (14.a).

На рисунке 6 нанесены границы указанных зон задачи (14.a).

3.2. Качественная интерпретация динамических режимов

Содержательная интерпретация вектора (ξ, η) позволяет соотнести указанные «типовые динамические режимы» с типами организационных структур Г. Минцберга [29] (см. таблицу).

4. Решение задачи динамической оптимизации структуры операционного ядра организации в условиях неопределенности методом имитационного моделирования

Рассмотрим задачу (14) в условиях неопределенности, когда известен только прогноз временного ряда факторов производства, характеризуемый ε.

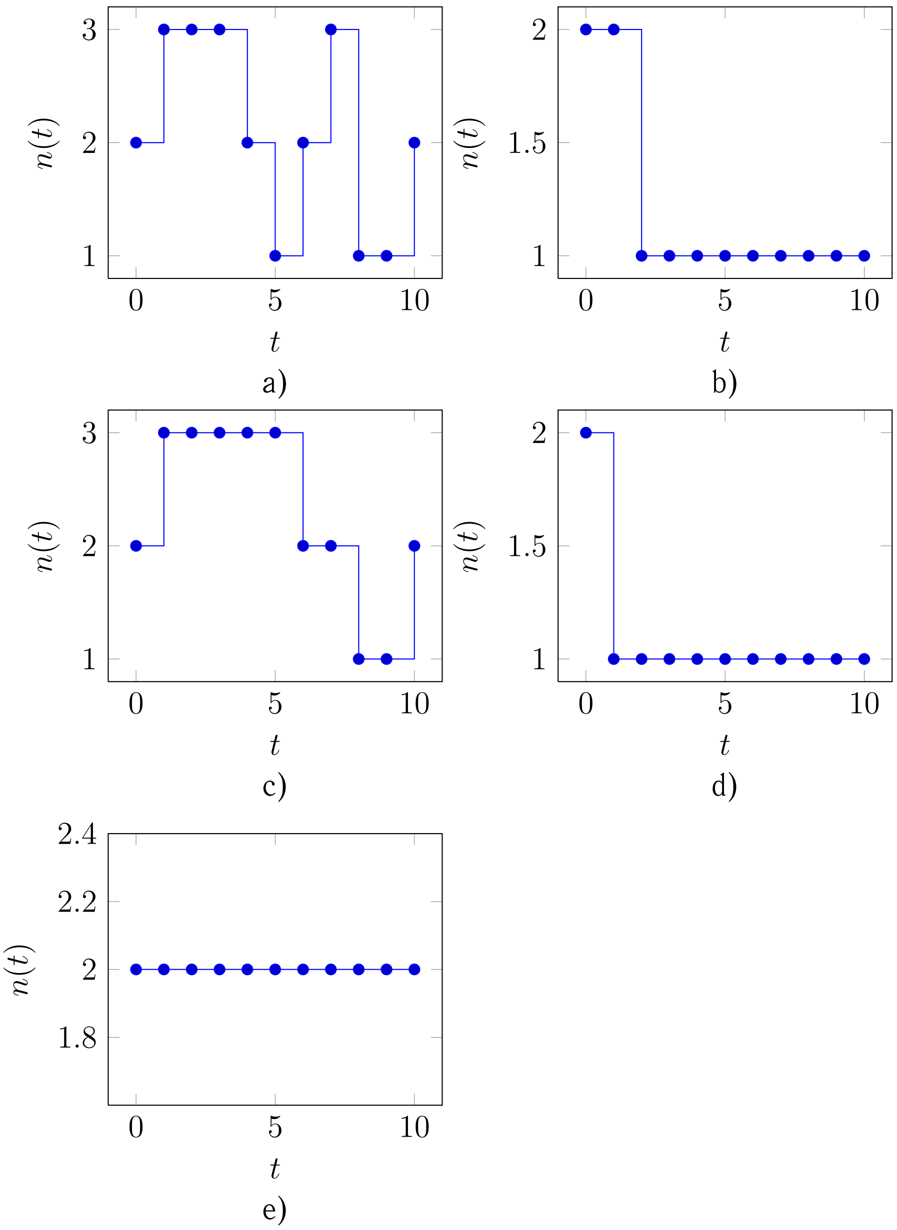


Рис. 5. Оптимальные траектории $n(t)$ — решения задачи (14.a):
a) $p = (0, 0, 2.3, 0.8)$, I; b) $p = (390.00, 128.00, 1.30, 0.10)$, II;
c) $p = (195.00, 8.00, 2.50, 0.40)$, III; d) $p = (240.00, 216.00, 1.20, 0.10)$, IV;
e) $p = (390.00, 0.00, 2.20, 0.00)$, V

Задача динамической оптимизации структуры ОЯ ОС при $t \in [0, T]$ имеет вид:

$$J = \sum_{t=0}^{T-1} J(n(t), t, \varepsilon) + \hat{J}(n(T), T, \varepsilon) \to \max_{n(t), t \in [0,T]}, \tag{17}$$

где

$$J(n(t), t) = \gamma\Phi(n(t), x, \varepsilon) - U(\Delta n(t)) - \Xi(n(t)),$$

$$\hat{J}(n(T), T) = \gamma\Phi(n(T), x, \varepsilon) - \Xi(n(T)),$$

ε — случайная величина (параметр, характеризующий неопределенность).

Сопоставление динамических режимов с типами организационных структур Г. Минцберга [29]

Тип динамического режима	Тип организации	Описание типов организации
I (следящий динамический режим)	Адхократия	Структура ОЯ данного типа ОС обладает большой чувствительностью к внешним изменениям, то есть организации тяготеют к адхократии в силу динамизма условий, являющихся следствием очень частых товарных изменений. Такие ОС часто связаны с инновационной деятельностью
II (динамический режим с упрощенной структурой)	Дивизиональная структура	Данный тип ОС наилучшим образом функционирует в условиях не слишком сложных и не слишком динамичных; фактически в тех же самых условиях, которые благоприятствуют механистической бюрократии. Это приводит к довольно точной спецификации условий, которые чаще всего сопровождают данную конфигурацию: дивизиональная форма есть структурная реакция на механистическую бюрократию, действующую в простой, стабильной внешней среде
III (динамический режим с усложненной структурой)	Профессиональная бюрократия	В ОЯ такого типа ОС преобладают высококвалифицированные специалисты, выполняющие трудные, но четко оговоренные процедуры. Структура профессиональной бюрократии не отличается гибкостью, ориентирована на стандартный выпуск, а не создание чего-то нового
IV (режим с простейшей структурой)	Простая структура	ОС данного типа, как правило, молодые, небольшие или кризисные, функционирующие в динамичной внешней среде, для которых характерна незначительная численность вспомогательного персонала
V (режим с начальной структурой)	Механистическая бюрократия	ОС данного типа, как правило, зрелые и крупные, функционирующие в стабильной внешней среде. В ОЯ такого типа ОС преобладают простые, повторяющиеся процессы производства, не требующие высокой квалификации и длительной подготовки

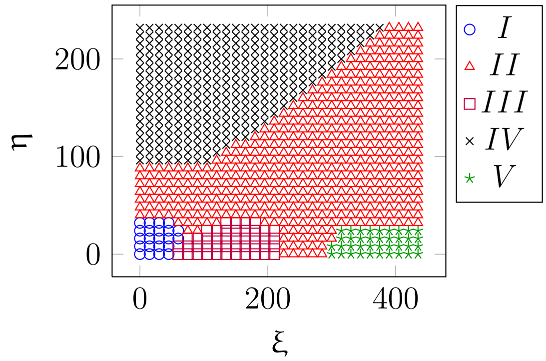


Рис. 6. Зоны типовых динамических режимов для задачи (14.a)

$$N_\varepsilon(t) = N(t)(1 \pm \varepsilon).R^i_\varepsilon(t) = R^i(t)(1 \pm \varepsilon), i = \overline{1, m-1}. \quad (18)$$

Результаты решения задачи (17) для 10^5 случайных значений временных рядов факторов производства (18) представлены на плоскости (ξ, η) в области:

$$D = \{(\xi, \eta) : \xi_{min} \leq \xi \leq \xi_{max} \wedge \eta_{min} \leq \eta \leq \eta_{max}\}.$$

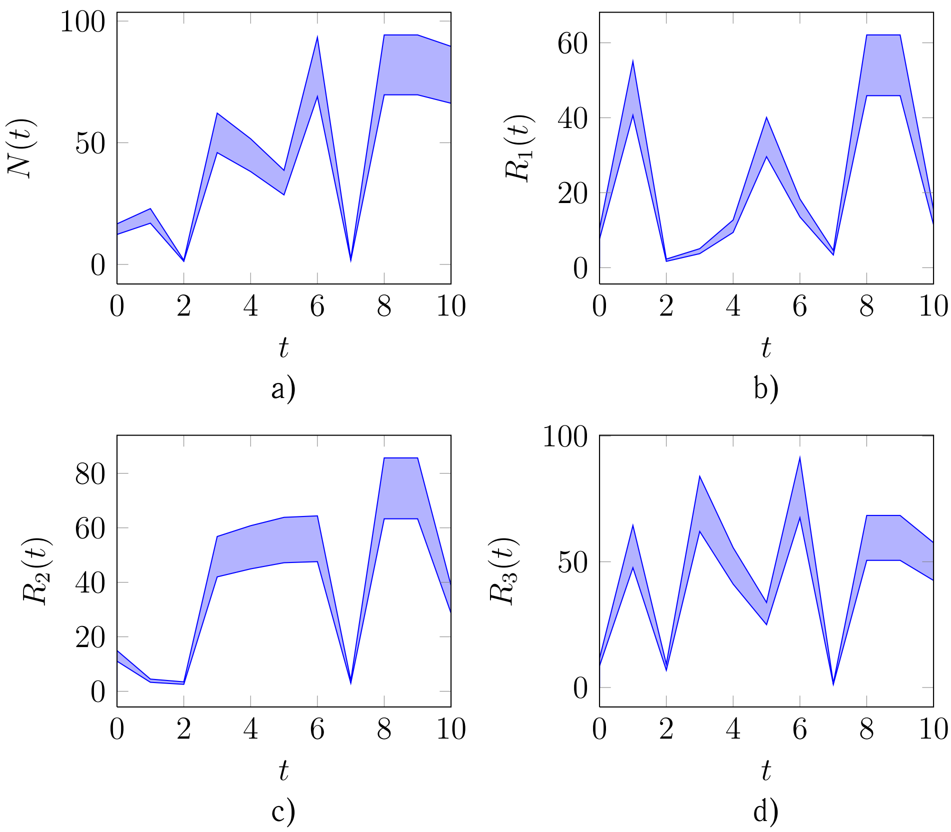


Рис. 7. Временной ряд значений факторов производства в условиях неопределенности для задачи (17)

Введем параметр ζ, характеризующий относительный показатель неопределенности оптимального динамического режима, равный отношению числа точек (ξ, η) неоднозначного и однозначного определения режима.

Приведем пример решения задачи (17) при единичных технологических коэффициентах для $m = 4$, $T = 10$. Факторы производства заданы временными рядами, представленными на рисунке 7.

На рисунке 8 нанесены границы указанных зон задачи (17).

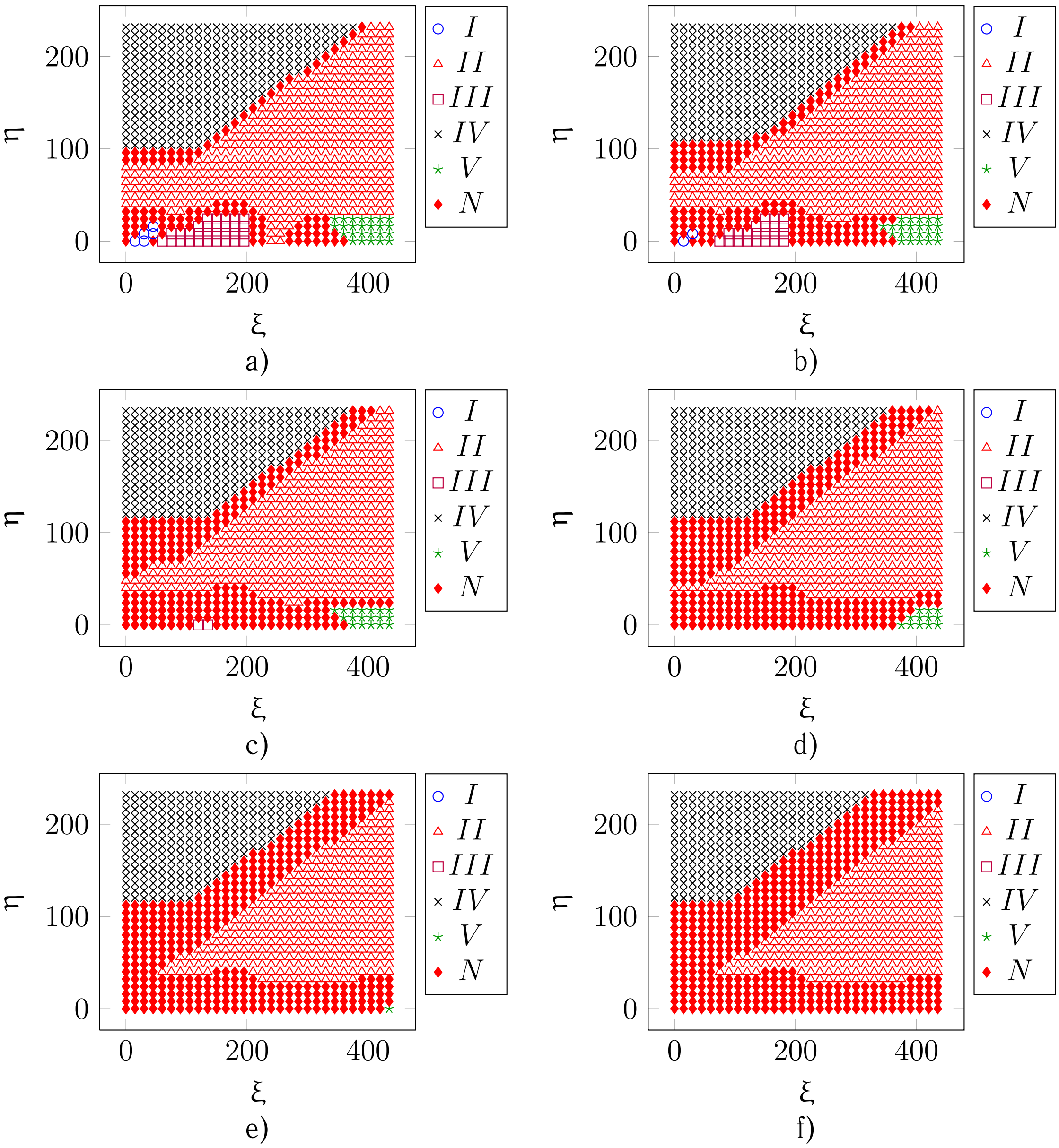


Рис. 8. Границы зон типовых динамических режимов в условиях неопределенности: a) $\varepsilon = 0,1$; b) $\varepsilon = 0,2$; c) $\varepsilon = 0,3$; d) $\varepsilon = 0,5$; e) $\varepsilon = 0,6$; f) $\varepsilon = 0,7$. (I–V — зоны типовых динамических режимов, N — зоны неоднозначного определения оптимального динамического режима)

На рисунке 9 показана зависимость параметра ζ от ε.

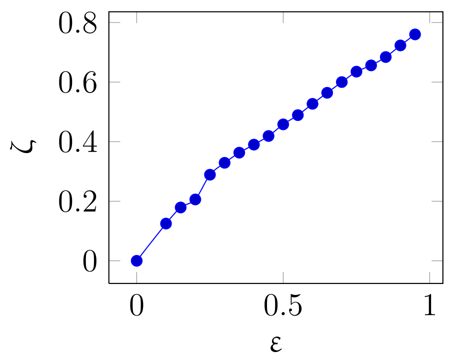


Рис. 9. Зависимость параметра ζ от ε

5. Выводы и перспективы

Управление вспомогательной технологической структурой, с одной стороны, повышает устойчивость значений производственной функции организации к внешним возмущениям, с другой — вносит неопределенность в ее зависимость от трансформационных факторов, что подчеркивает объективную обусловленность последней трансакционными факторами, отражающими структуру и функции системы управления. Для синтеза организационных конфигураций на основе представленного инструмента моделирования, позволяющего оценивать эффективность различных подсистем организации по их вкладу в конечный результат (в нашем случае через неопределенность задачи управления операционным ядром), необходимо аналогичным образом построить и их структурно-зависимые производственные функции и решить задачу структурной оптимизации и распределения ресурса между ними. Оптимизация структуры организации сводится к поиску оптимальной степени информационной и организационной эффективности, числа слоев ОЯ, вида управленческой иерархии при заданной неопределенности внешней среды. Кроме того, представленный инструмент может использоваться для моделирования организационной адаптации к инновационному процессу, спонтанно изменяющему технологические коэффициенты различных ПФ ПП, в результате чего изменяется оптимальная пропорция их аргументов. Алгоритмы адаптации зависят, с одной стороны, от внутренней институциональной среды организации, стимулирующей, или, наоборот, запрещающей фрактализацию структуры операционного ядра, с другой — от отношения скорости организационных процессов и частоты возникновения технологических инноваций [4].

ПРИМЕЧАНИЕ

[1] Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант № 16-48-340147.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Арис, Р. Дискретное динамическое программирование / Р. Арис. — М. : Мир, 1969. — 173 с.

2. Беллман, Р. Динамическое программирование / Р. Беллман. — М. : Изд-во иностр. лит., 1960. — 400 с.

3. Воронин, А. А. Алгоритмы поиска оптимальной структуры организационной системы / А. А. Воронин, С. П. Мишин // Автоматика и телемеханика. — 2002. — № 5. — С. 120–132.

4. Воронин, А. А. Модель динамической оптимизации операционного ядра организационной системы / А. А. Воронин, М. А. Харитонов // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 1, Математика. Физика. — 2012. — Т. 17, № 2. — С. 41–59.

5. Воронин, А. А. Модель оптимального управления структурными изменениями организационной системы / А. А. Воронин, С. П. Мишин // Автоматика и телемеханика. — 2002. — № 8. — С. 136–150.

6. Воронин, А. А. Модель численной оптимизации структуры операционного ядра организации / А. А. Воронин, М. А. Харитонов // Управление большими системами. — 2012. — Вып. 39. — С. 165–183.

7. Воронин, А. А. Оптимальные иерархические структуры / А. А. Воронин, С. П. Мишин. — М. : ИПУ РАН, 2003. — 214 с.

8. Губко, М. В. Алгоритмы построения субоптимальных организационных иерархий / М. В. Губко // Автоматика и телемеханика. — 2009. — № 1. — С. 162–179.

9. Губко, М. В. Однородные функции затрат менеджеров и оптимальная организационная структура / М. В. Губко // Управление большими системами. — 2006. — Вып. 15. — С. 103–116.

10. Губко, М. В. Поиск оптимальных организационных иерархий при однородных функциях затрат менеджеров / М. В. Губко // Автоматика и телемеханика. — 2008. — № 1. — С. 97–113.

11. Клейнер, Г. Б. Производственные функции. Теория, методы, применение / Г. Б. Клейнер. — М. : Финансы и статистика, 1986. — 239 с.

12. Математические модели организаций / А. А. Воронин, М. В. Губко, Д. А. Новиков, С. П. Мишин. — М. : УРСС, 2008. — 360 с.

13. Мишин, С. П. Оптимальные иерархии управления в экономических системах / С. П. Мишин. — М. : ПМСОФТ, 2004. — 205 с.

14. Новиков, Д. А. Институциональное управление организационными системами / Д. А. Новиков. — М. : ИПУ РАН, 2003. — 68 с.

15. Новиков, Д. А. Механизмы функционирования многоуровневых организационных систем / Д. А. Новиков. — М. : Фонд «Проблемы управления», 1999. — 150 с.

16. Новиков, Д. А. Сетевые структуры и организационные системы / Д. А. Новиков. — М. : ИПУ РАН, 2003. — 102 с.

17. Новиков, Д. А. Теория управления организационными системами / Д. А. Новиков. — М. : Физматлит, 2012. — 604 с.

18. Основы теории оптимального управления / В. Ф. Кротов, Б. А. Лагоша, С. М. Лобанов, Н. И. Данилина, С. И. Сергеев. — М. : Высш. шк., 1989. — 430 с.

19. Рожихин, П. В. О поиске оптимальной траектории преобразований графа организации / П. В. Рожихин // Управление большими системами. — 2004. — Вып. 6. — С. 105–116.

20. Рожихин, П. В. О траекториях преобразования структуры организационных систем / П. В. Рожихин // Управление большими системами. — 2004. — Вып. 9. — С. 190–200.

21. Рожихин, П. В. Оценка мощности пространства состояний иерархической структуры / П. В. Рожихин // Управление большими системами. — 2005. — Вып. 11. — С. 75–80.

22. Adizes, I. Mastering Change: The Power of Mutual Trust and Respect in Personal Life, Family Life, Business and Society / I. Adizes. — Los Angeles : Adizes Institute Publications,

1992. — 260 p.

23. Barnett, W. P. Modeling Internal Organizational Change / W. P. Barnett, G. R. Carroll // Annual Review of Sociology. — 1995. — Vol. 21. — P. 217–236.

24. Blake, R. R. Building a dynamic corporation through grid organization development / R. R. Blake, J. S. Mouton. — Boston : Addison-Wesley Publishing Company, 1969. — 120 p.

25. Champy, J. Reengineering Management: The Mandate for New Leadership / J. Champy. — L. : Harper Collins Business, 1995. — 240 p.

26. Grant, R. M. TQM's Challenge to Management Theory and Practice / R. M. Grant, S. Rami, R. Krishnan // Sloan management review. — 1994. — Vol. 35. — P. 25–36.

27. Kauffman, S. The Origins of Order: Self-organization and Selection in Evolution / S. Kauffman. — N. Y. : Oxford University Press, 1993. — 709 p.

28. Kharitonov, M. Operating core of an organizational system: optimal control of support structure / M. Kharitonov, A. Svetlov, A. Voronin // International Journal of Pure and Applied Mathematics. — 2016. — Vol. 107, № 4. — P. 889–901.

29. Mincberg, G. Structure in Fives: Designing Effective Organization / G. Mincberg. — N. J. : Prentice-Hall, 1983. — 312 p.

30. Tran, Q. Organizational Structure: Influencing Factors and Impact on a Firm / Q. Tran, Y. Tian // American Journal of Industrial and Business Management. — 2013. — № 3. — P. 229–236.

31. Watzlawick, P. Change: Principles of Problem Formation and Problem Resolution / P. Watzlawick, J. Weakland, R. Fisch. — N. Y. : Norton Books, 1974. — 172 p.

32. Weick, K. E. Organizational Change and Development / K. E. Weick, R. E. Quinn // Annual Review of Psychology. — 1999. — Vol. 50. — P. 361–386.

REFERENCES

1. Aris R. *Diskretnoe dinamicheskoe programmirovanie* [Discrete Dynamic Programming]. Moscow, Mir Publ., 1969. 173 p.

2. Bellman R. *Dinamicheskoe programmirovanie* [Dynamic Programming]. Moscow, Izd-vo inostr. lit. Publ., 1960. 400 p.

3. Voronin A.A., Mishin S.P. Algoritmy poiska optimalnoy struktury organizatsionnoy sistemy [Algorithms to Construct Suboptimal Organization Hierarchies]. *Avtomatika i telemekhanika* [Automation and Remote Control], 2002, no. 5, pp. 120-132.

4. Voronin A.A., Kharitonov M.A. Model dinamicheskoy optimizatsii operatsionnogo yadra organizatsionnoy sistemy [Constrained Dynamic Optimization Model of Organization's Operating Core]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 1, Matematika. Fizika* [Science Journal of Volgograd State University. Mathematics. Physics], 2012, vol. 17, no. 2, pp. 41-59.

5. Voronin A.A., Mishin S.P. Model optimalnogo upravleniya strukturnymi izmeneniyami organizatsionnoy sistemy [Model of Optimal Control of Structural Changes of the Organizational System]. *Avtomatika i telemekhanika* [Automation and Remote Control], 2002, no. 8, pp. 136-150.

6. Voronin A.A., Kharitonov M.A. Model chislennoy optimizatsii struktury operatsionnogo yadra organizatsii [The Operating Core of an Organization: A Constrained Optimization Model]. *Upravlenie bolshimi sistemami*, 2012, iss. 39, pp. 165-183.

7. Voronin A.A., Mishin S.P. *Optimalnye ierarkhicheskie struktury* [Optimal Hierarchical Structures]. Moscow, IPU RAN Publ., 2003. 214 p.

8. Gubko M.V. Algoritmy postroeniya suboptimalnykh organizatsionnykh ierarkhiy [Algorithms to Construct Suboptimal Organization Hierarchies]. *Avtomatika i telemekhanika* [Automation and Remote Control], 2009, no. 1, pp. 162-179.

9. Gubko M.V. Odnorodnye funktsii zatrat menedzherov i optimalnaya organizatsionnaya struktura [Homogeneous Functions of Managers' Costs, Optimal Organizational Structure]. *Upravlenie bolshimi sistemami*, 2006, iss. 15, pp. 103-116.

10. Gubko M.V. Poisk optimalnykh organizatsionnykh ierarkhiy pri odnorodnykh funktsiyakh zatrat menedzherov [The Search for Optimal Organizational Hierarchies with Homogeneous Manager Cost Functions]. *Avtomatika i telemekhanika* [Automation and Remote Control], 2008, no. 1, pp. 97-113.

11. Kleyner G.B. *Proizvodstvennye funktsii. Teoriya, metody, primenenie* [Production Functions. Theory, Methods and Application]. Moscow, Finansy i statistika Publ., 1986. 239 p.

12. Voronin A.A., Gubko M.V., Novikov D.A., Mishin S.P. *Matematicheskie modeli organizatsiy* [Mathematical Models of Organizations]. Moscow, URSS Publ., 2008. 360 p.

13. Mishin S.P. *Optimalnye ierarkhii upravleniya v ekonomicheskikh sistemakh* [Optimal Management Hierarchy in Economic Systems]. Moscow, PMSOFT Publ., 2004. 205 p.

14. Novikov D.A. *Institutsionalnoe upravlenie organizatsionnymi sistemami* [Institutional Control of Organizational Systems]. Moscow, IPU RAN Publ., 2003. 68 p.

15. Novikov D.A. *Mekhanizmy funktsionirovaniya mnogourovnevykh organizatsionnykh sistem* [Mechanisms of Functioning of Multilevel Organizational Systems]. Moscow, Fond «Problemy upravleniya» Publ., 1999. 150 p.

16. Novikov D.A. *Setevye struktury i organizatsionnye sistemy* [Network Structures and Organizational Systems]. Moscow, IPU RAN Publ., 2003. 102 p.

17. Novikov D.A. *Teoriya upravleniya organizatsionnymi sistemami* [The Control Theory of Organizational Systems]. Moscow, Fizmatlit Publ., 2012. 604 p.

18. Krotov V.F., Lagosha B.A., Lobanov S.M., Danilina N.I., Sergeev S.I. *Osnovy teorii optimalnogo upravleniya* [Fundamentals of the Theory of Optimal Control]. Moscow, Vyssh. shk. Publ., 1989. 430 p.

19. Rozhikhin P.V. O poiske optimalnoy traektorii preobrazovaniy grafa organizatsii [The Search for the Optimal Trajectory Organization Graph Transformations]. *Upravlenie bolshimi sistemami*, 2004, iss. 6, pp. 105-116.

20. Rozhikhin P.V. O traektoriyakh preobrazovaniya struktury organizatsionnykh sistem [Trajectories Transformation of the Structure of Organizational Systems]. *Upravlenie bolshimi sistemami*, 2004, iss. 9, pp. 190-200.

21. Rozhikhin P.V. Otsenka moshchnosti prostranstva sostoyaniy ierarkhicheskoy struktury [Assessment of Power of the State Space of the Hierarchical Structure]. *Upravlenie bolshimi sistemami*, 2005, iss. 11, pp. 75-80.

22. Adizes I. *Mastering Change: The Power of Mutual Trust and Respect in Personal Life, Family Life, Business and Society*. Los Angeles, Adizes Institute Publications, 1992. 260 p.

23. Barnett W.P., Carroll G.R. Modeling Internal Organizational Change. *Annual Review of Sociology*, 1995, vol. 21, pp. 217-236.

24. Blake R.R., Mouton J.S. *Building a dynamic corporation through grid organization development*. Boston, Addison-Wesley Publishing Company, 1969. 120 p.

25. Champy J. *Reengineering Management: The Mandate for New Leadership*. L., Harper Collins Business, 1995. 240 p.

26. Grant R.M., Rami S., Krishnan R. TQM's Challenge to Management Theory and Practice. *Sloan management review*, 1994, vol. 35, pp. 25-36.

27. Kauffman S. *The Origins of Order: Self-organization and Selection in Evolution*. N. Y., Oxford University Press, 1993. 709 p.

28. Kharitonov M., Svetlov A., Voronin A. Operating Core of an Organizational System: Optimal Control of Support Structure. *International Journal of Pure and Applied Mathematics*, 2016, vol. 107, no. 4, pp. 889-901.

29. Mincberg G. *Structure in Fives: Designing Effective Organization*. N. J., Prentice-Hall, 1983. 312 p.

30. Tran Q., Tian Y. Organizational Structure: Influencing Factors and Impact on a Firm. *American Journal of Industrial and Business Management*, 2013, no. 3, pp. 229-236.

31. Watzlawick P., Weakland J., Fisch R. *Change: Principles of Problem Formation and Problem Resolution*. N. Y., Norton Books, 1974. 172 p.

32. Weick K.E., Quinn R.E. Organizational Change and Development. *Annual Review of Psychology*, 1999, vol. 50, pp. 361-386.

ADAPTATION MODEL FOR OPERATING CORE OF ORGANIZATION

Alexander Aleksandrovich Voronin

Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor,
Head of Department of Fundamental Informatics and Optimal Control,
Volgograd State University
voronin.prof@gmail.com, fiou@volsu.ru
Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation

Mikhail Alekseevich Kharitonov

Junior Researcher, Department of Fundamental Informatics and Optimal Control,
Volgograd State University
kharitonov.mihail@gmail.com, kharitonov@volsu.ru, fiou@volsu.ru
Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation

Abstract. The article describes a model to adapt the organization of the operational core in an unstable external environment, the results of numerical solution of dynamic optimization of the operational structure of core objectives of the organization in the absence of the uncertainty of dynamic programming method in the conditions of uncertainty simulation method for different values of a parameter which characterizes the uncertainty.

The paper assumes that the structure of the organization operating the core consists of a base (unchanged) and a variable supporting structures. The basic structure can be represented by a graph, whose vertices correspond to elements of the technology with fixed factor proportions. Changes in the internal and external environment of the organization lead to deviations of factor proportions of their most effective potential values at each vertex of the graph technology. Mitigation or elimination of these deviations is the aim of supporting structures, potentially embedded between all pairs of vertices of the base of the graph. Optimal control of the last property gives adaptability throughout the structure of the operational core. In this paper, the basic technology consists of a single vertex.

The production function of the operational core is represented as a superposition of Leontief production functions corresponding to each of its structural elements.

The analytical assessment of the values of the production function of the operational core of the organizational system for a certain field of technological coefficient values.

Key words: adaptation, uncertainty, organizational system, operating core, optimization of the structure, production function.