

УДК 336.714

Кулак М. И., профессор; Ничипорович С. А., доцент; Трусевич Н. Э., старший преподаватель

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИНЦИПА СУПЕРПОЗИЦИИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ОПТИМАЛЬНОСТИ ОРГАНИЗАЦИОННОГО ПЛАНИРОВАНИЯ В ЛИНЕЙНЫХ СТРУКТУРАХ УПРАВЛЕНИЯ

Article is devoted to problems of optimization of planning in organizational structures of the printing industry. The imitating statistical model based on realization of the basic administrative cycle is presented, allowing to analyze an optimality of its structure. On the developed imitating model for linear organizational structures results of calculations are discussed with various quantity of levels of management.

Характерной особенностью современного этапа развития организационного управления в полиграфической промышленности является разрыв между практикой управления и теорией [1]. Преодоление этого разрыва возможно путем разработки методов и моделей, позволяющих решать практические задачи управления.

В работе [2] обсуждается статистическая имитационная модель, основанная на реализации основного управленческого цикла и позволяющая анализировать структуры управления с учетом их взаимодействия с системой объектов управления. Комбинирование разработанной имитационной модели и перколяционной модели переходных экономических процессов открывает возможность применить к исследованию организационного управления детально разработанный аппарат классической аналитической стратегии.

Целью данной работы является применение модели для оценки оптимальности организационного планирования в линейных структурах управления. Как известно, плановость — одно из важнейших условий обеспечения эффективности управления. Именно в планировании наиболее полно воплощается организующее начало процесса управления.

Теория и практика управления выработали ряд принципов планирования. Среди них основными являются эффективность, обоснованность, оптимальность, системность, комплексность [3]. Выполнение указанных принципов в той или иной степени при анализе и проектировании организационных структур позволяет судить об уровне планирования.

В рассматриваемой задаче объект управления характеризуется вектором состояния  $X$ , координатами которого является совокупность переменных состояния:  $x_1, x_2, \dots, x_n$ .

$$X = (x_1, x_2, \dots, x_n). \quad (1)$$

Задача управления заключается в том, чтобы перевести объект управления из точки в фазовом пространстве состояний с вектором  $X^1$  в точку с вектором  $X^2$ .

В работе [2] показано, что такой переход можно описать с помощью перколяционной модели. По своей сути модель призвана описывать системы различной топологической размерности, в которых имеет место геометрический фазовый переход.

В свою очередь, фазовый переход характеризуется определенным параметром порядка. В рассматриваемой задаче таким параметром является мощность перколяционного кластера  $Y$  — вероятность узлу принадлежать этому кластеру. Критическое поведение  $Y$ , т. е. поведение в области, близкой к переходу, при  $X \rightarrow X_c$ ,  $X > X_c$  описывается следующим выражением:

$$Y \sim (X - X_c)^\beta, \quad (2)$$

где  $\beta$  — критический индекс, характеризующий процесс.

Учитывая, что при  $X \rightarrow 1$  и  $Y \rightarrow 1$ , (2) можно записать в виде равенства

$$Y = \left( \frac{X - X_c}{1 - X_c} \right)^\beta. \quad (3)$$

Модель, представленная формулой (3), дает возможность применить к исследованию процесса управления логический аппарат классической аналитической стратегии [2]. В основе аналитической стратегии лежит представление об операции — целенаправленном преобразовании состояния системы. Применительно к организационному управлению операцией можно считать реализацию управленческого цикла и достижение целей управления. Структурная фазовая диаграмма операции приведена на рис. 1.



Рис. 1. Фазовая диаграмма операции:  
 $X$  — затраты,  $Y$  — эффективность операции

На диаграмме имеются две критические точки. Первая точка характеризует разрушение исходного состояния системы и переход операции в самоподдерживающуюся фазу — фазу нарастания. Для второй точки характерны потеря темпа и переход операции в фазу насыщения.

Достоинство зависимости (3) заключается в том, что она позволяет количественно проанализировать процесс решения задачи управления, а это, в свою очередь, существенно расширяет представление и раскрывает многие важные детали проведения такого процесса, его принципиальную качественную картину, которая представлена на рис. 1.

Однако рассмотрение с позиций количественного анализа требует построения алгоритма расчета затрат на реализацию операций управленческого цикла  $X$ . В имитационной модели, описанной в [1], время, затраченное на выполнение каждой операции, выражалось в безразмерных относительных единицах — баллах. Такой подход фактически соответствует использованию известного нормативного метода проектирования и планирования управленческого цикла [4].

Специфика нормативного метода планирования управленческого цикла заключается в том, что в нормативах обычно указывается диапазон времени, которое может быть затрачено на выполнение операции. С другой стороны, в условиях проектирования конкретной организационной структуры нормативы могут корректироваться в ту или иную сторону, что объективно вытекает из методики их построения.

Таким образом, неоспоримым преимуществом нормативного метода, наряду с высокой практической значимостью, является простота и четкость подхода. Однако в силу этих же причин при использовании в имитационном моделировании данный метод нуждается в модифицировании.

В настоящей работе для этих целей предлагается использовать принцип суперпозиции. Исходя из общеметодологических позиций, суть данного принципа заключается в следующем: если составляющие сложного процесса воздействия взаимно не влияют друг на друга, то результирующий эффект будет представлять собой сумму эффектов, вызываемых каждым воздействием в отдельности. Принцип суперпозиции показал свою эффективность и успешно применяется в математике (функциональный анализ), физике (квантовая механика, теория поля), кибернетике (теории информации, теории цепей), а также при решении многих прикладных задач в технике.

В соответствии с этим принципом общее время решения управленческой задачи или время проведения операции по достижению целей управления можно представить в виде суммы линейных вкладов

$$X = \sum_{i=1}^N C_i t_i, \quad (4)$$

где  $i$  — номер операции управленческого цикла;  $N$  — общее количество таких операций в цикле;  $t_i$  — нормативное время на выполнение  $i$ -той операции;  $C_i$  — линейные множители.

Принцип суперпозиции в виде (4) позволяет реализовать функциональный подход в имитационном моделировании процесса планирования управленческого цикла. Суть его заключается в том, что, выбирая тот или иной закон распределения множителей  $C_i$ , можно более системно подойти как к планированию управленческого цикла, так и к оценке его оптимальности в зависимости от типа и вида используемой организационной структуры [1].

Конкретно в данной работе рассматривались наиболее распространенные линейные организационные структуры управления. Подробно схемы таких структур описаны в монографии [1]. Часть их характеристик те, которые важны для рассматриваемой задачи, приведены в табл. 1.

Имитационная статистическая модель в своей основе по отношению к тому, как она описана в предыдущей работе [2], существенных изменений не претерпела. Она включает в себя аналогичные базовые модули: установления структуры объектов управления; построения структуры системы управления; графического отображения схемы структуры управления на мониторе; блок имитационного моделирования реализации управленческого цикла; модуль вывода результатов моделирования. Однако, в отличие от предыдущей версии, в новой версии модели определяются не только суммарные затраты времени на осуществление управленческого цикла, но и затраты, дифференцированные по его отдельным операциям.

Таблица 1

## Структура управленческого цикла

Характеристики схем управления	Суммарные затраты времени на выполнение этапов управленческого цикла, %			
	Планирование	Организация	Регулирование	Контроль
Исходное нормальное распределение с $a = 10$ и $\sigma = 3,2$	8	37	44	11
Линейная схема, норма управляемости $\lambda = 2$ , количество уровней $M = 5$	8	59	22	11
Линейная схема, норма управляемости $\lambda = 3$ , количество уровней $M = 3$	7	49	33	11
Линейная схема, норма управляемости $\lambda = 5$ , количество уровней $M = 2$	7	41	43	9

В данной работе для проведения моделирования использовался наиболее простой нормальный закон распределения множителей  $C_i$

$$C_i = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(i-a)^2}{2\sigma^2}}, \quad (5)$$

где  $a$  — математическое ожидание;  $\sigma$  — среднее квадратическое отклонение. Значения принятых в (5) параметров приведены в табл. 1.

Данные параметры выбраны таким образом, чтобы основные затраты времени приходились на этапы регулирования и организации. На этапы планирования и контроля в сумме приходится около 20% временных затрат. Такая структура управленческого цикла характерна для большей части управленческих задач, которые решаются в практике функционирования полиграфических предприятий и управления полиграфической промышленностью в целом [1, 5].

Как соотносится исходное распределение временных затрат с фазовой диаграммой операции, показано на рис. 2. На рисунке приведены фазовые диаграммы, рассчитанные по формуле (3), для задач с размерностью  $d = \{2; 3; 4\}$ . Критические показатели для задач разной размерности, использовавшиеся в этих расчетах, приведены в табл. 2.

Как видно на рис. 2, для задач с размерностью  $d = 2$  (зависимость С) на первую затратную фазу решения управленческой задачи приходится

Таблица 2

## Критические показатели

Показатели	Размерность задачи $d$				
	2	3	4	5	6
Критический индекс $\beta$	0,14	0,40	0,50	0,70	1,00
Критическая концентрация $X_c$	0,50	0,31	0,20	0,14	0,11

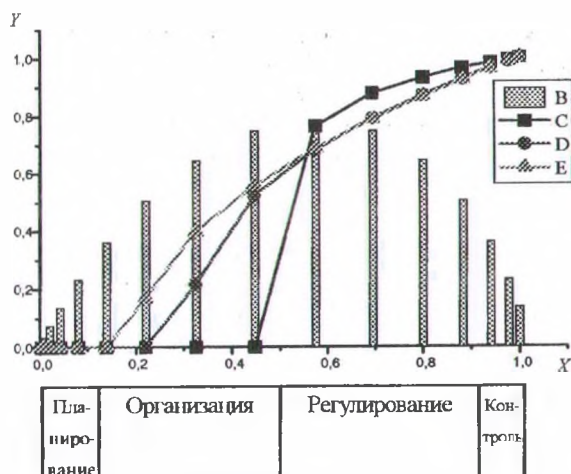


Рис. 2. Фазовая диаграмма исходного распределения: В — операции управленческого цикла; С — диаграмма для задач с размерностью  $d = 2$ ; D —  $d = 3$ ; E —  $d = 4$

этап планирования и этап организации. Первая операция этапа регулирования — реализация плана решения задачи — составляет основу фазы нарастания. На фазу насыщения приходятся оставшиеся операции этапа регулирования (оперативное изменение плана, корректировка действий, координация во времени), а также этап контроля.

Таким образом, с точки зрения аналитической стратегии рассмотренный план реализации управленческого цикла для задач с  $d = 2$  можно считать практически оптимальным.

Для задач с размерностью  $d = 3$  (зависимость D на рис. 2) характерно существенное сокращение затратной фазы и расширение фазы нарастания. В результате на затратную фазу решения управленческой задачи приходится этап планирования и только две первые операции этапа организации (оформление управленческого решения и плана его реализации, постановка и разъяснение задач исполнителям). Две оставшиеся операции этапа организации (выделение ресурсов, организация взаимодействия исполнителей) придется выполнять в фазе нарастания — практически «на ходу». Фаза нарастания включает уже две первые операции этапа регулирования (реализация плана решения задачи, оперативное изменение плана). На фазу насыщения приходятся оставшиеся операции этапа регулирования и этап контроля. Можно сказать, что с точки зрения качества дан-

ный план реализации управленческого цикла уступает предыдущему.

У задач с размерностью  $d = 4$  (зависимость Е на рис. 2) на затратную фазу решения управленческой задачи приходится только этап планирования. В фазе нарастания выполняются весь этап организации и первые две операции этапа регулирования. Фаза насыщения аналогична предыдущей задаче. Таким образом, качество планирования еще больше ухудшается.

Сказанное подтверждают данные табл. 3, где приведено распределение затрат по фазам операции. В таблице символом  $Z_U$  обозначены удельные затраты времени на один объект управления,  $Z_1$  — затраты на одну операцию на первой (затратной) фазе решения управленческой задачи,  $Z_2$  — затраты на одну операцию на второй (нарастания) фазе,  $Z_3$  — затраты на одну операцию на третьей (насыщения) фазе,  $\bar{Z}$  — средние затраты по трем фазам,  $\sigma_{zd}$  — среднее квадратическое отклонение затрат,  $\sigma_{zp}$  — среднее квадратическое отклонение в процентах от среднего значения затрат.

Затраты времени на одну операцию на определенной фазе решения управленческой задачи  $Z_i$  ( $i = 1, 2, 3$ ) фактически характеризуют оперативное напряжение на этой фазе [2]. Чем больше объем затрат или в более общем случае объем работы на одну операцию управленческого цикла, который необходимо выполнить для реализации конкретной фазы, тем больше оперативное напряжение на этой фазе.

Данные табл. 3 свидетельствуют, что при увеличении размерности задачи средние затраты на фазу уменьшаются, но возрастает среднее квадратическое отклонение, т. е. неравномерность их распределения по фазам. Таким образом, наиболее оптимальным исходное распределение (план управленческого цикла) является для задач с  $d = 2$ , поскольку в этом случае среднее квадратическое отклонение в процентном отношении имеет наименьшее значение.

Таблица 3

Распределение затрат по фазам операции

Характеристики схем	$Z_U$	$Z_1$	$Z_2$	$Z_3$	$\bar{Z}$	$\sigma_{zd}$	$\sigma_{zp}$ %
Исх. $d = 2$		0,305	0,783	0,437	0,508	0,202	40
Исх. $d = 3$		0,193	0,730	0,375	0,433	0,223	52
Исх. $d = 4$		0,141	0,685	0,375	0,400	0,223	56
$\lambda = 2, d = 2$		1,688	6,179	1,418	3,095	2,183	71
$\lambda = 2, d = 3$	0,925	1,166	3,817	1,236	2,073	1,233	59
$\lambda = 2, d = 4$		0,663	3,891	1,236	1,930	1,406	73
$\lambda = 3, d = 2$		1,010	3,579	1,287	1,959	1,151	59
$\lambda = 3, d = 3$	0,765	0,712	2,780	1,224	1,572	0,879	56
$\lambda = 3, d = 4$		0,426	2,693	1,224	1,447	0,939	65
$\lambda = 4, d = 2$		0,905	1,837	1,212	1,318	0,388	29
$\lambda = 4, d = 3$	0,690	0,518	2,194	0,970	1,227	0,710	58
$\lambda = 4, d = 4$		0,331	2,083	0,970	1,128	0,724	64

Рассмотрим далее, какие результаты даст реализация рассмотренного плана с помощью конкретных организационных структур. Первым проводилось имитационное моделирование решения управленческой задачи с помощью линейной схемы организационного управления с нормой управляемости  $\lambda = 2$ . Схема имеет количество уровней управления, равное  $M = 5$ . Результаты моделирования приведены в табл. 1 и на рис. 3.

Как видно в табл. 1 основные затраты времени приходятся на этап организации (59%). На этап регулирования приходится 22% затрат.

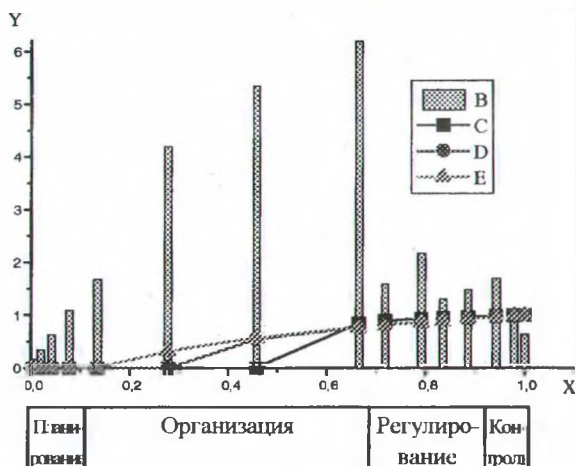


Рис. 3. Фазовая диаграмма для линейной схемы с нормой управляемости  $\lambda = 2$ : В — операции управленческого цикла; С — диаграмма для задач с размерностью  $d = 2$ ; D —  $d = 3$ ; E —  $d = 4$

Доля затрат на этапы планирования и контроля в этом случае остается практически неизменной. Такое изменение структуры затрат на реализацию управленческого цикла объясняется большим количеством уровней управления. На промежуточных уровнях управления основные затраты времени приходятся на этап организации. Более детально ситуацию раскрывает рис. 3.

Как видно на рис. 3, для задач с размерностью  $d = 2$  (зависимость С) на первую затратную фазу решения управленческой задачи приходится этап планирования и три первые операции этапа организации.

Четвертая операция этапа организации — организация взаимодействия исполнителей — составляет основу фазы нарастания. На фазу насыщения приходятся операции этапа регулирования и контроля. С точки зрения аналитической стратегии рассмотренный план реализации управленческого цикла для задач с  $d = 2$  не является оптимальным, поскольку этап регулирования придется выполнять в фазе насыщения.

Для задач с размерностью  $d = 3$  (зависимость D на рис. 3) на затратную фазу решения управленческой задачи приходится этап планирования и две первые операции этапа организа-

ции (оформление управленческого решения и плана его реализации, постановка и разъяснение задач исполнителям). Две оставшиеся операции этапа организации (выделение ресурсов, организация взаимодействия исполнителей) придется выполнять в фазе нарастания. Фаза нарастания включает также первую операцию этапа регулирования — реализация плана решения задачи. На фазу насыщения приходятся оставшиеся операции этапа регулирования и этап контроля. С точки зрения качества данный план реализации управленческого цикла лучше предыдущего.

У задач с размерностью  $d = 4$  (зависимость E на рис. 3) на затратную фазу решения управленческой задачи приходится только этап планирования. В фазе нарастания выполняются весь этап организации и первая операция этапа регулирования — реализация плана решения задачи. Фаза насыщения аналогична предыдущей задаче. Таким образом, улучшение качества планирования не происходит.

Анализ оптимальности планирования по данным табл. 3 свидетельствует, что при реализации плана с помощью данной линейной схемы затраты времени на каждую фазу увеличиваются. Соответственно возрастают и средние затраты на операцию. Наиболее оптимальным план управленческого цикла является для задач с  $d = 3$ .

В качестве второй линейной схемы организационного управления выполнялось имитационное моделирование решения управленческой задачи для схемы с нормой управляемости  $\lambda = 3$ . Схема имеет количество уровней управления, равное  $M = 3$ . Результаты моделирования приведены в табл. 1 и на рис. 4.

Как видно в табл. 1, для таких схем соотношение затрат времени между этапами организации и регулирования несколько выравнивается.

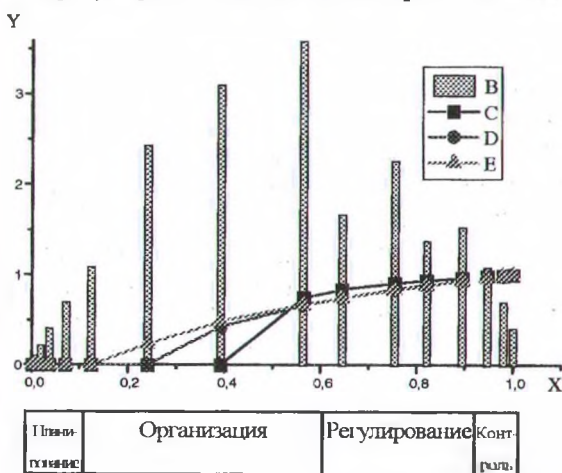


Рис. 4. Фазовая диаграмма для линейной схемы с нормой управляемости  $\lambda = 3$ : B — операции управленческого цикла; C — диаграмма для задач с размерностью  $d = 2$ ; D —  $d = 3$ ; E —  $d = 4$

На этап организации приходится 49% затрат времени, а на этап регулирования — 33%. Доля затрат на этапы планирования и контроля по-прежнему остается практически неизменной. Данное изменение структуры затрат на реализацию управленческого цикла можно объяснить уменьшением количества уровней управления. Рассмотрим более детально ситуацию на рис. 4.

Как видно на рис. 4, для задач с размерностью  $d = 2$  (зависимость C) на первую затратную фазу решения управленческой задачи приходится этап планирования и три первые операции этапа организации (организация взаимодействия исполнителей), а также первая операция этапа регулирования (реализация плана решения задачи) составляют фазу нарастания. На фазу насыщения приходятся остальные операции этапа регулирования и контроля. Рассматриваемый план реализации управленческого цикла для задач с  $d = 2$  является несколько улучшенным по отношению к пятиуровневым схемам.

Для задач с размерностью  $d = 3$  (зависимость D на рис. 4) на затратную фазу решения управленческой задачи приходится этап планирования и две первые операции этапа организации (оформление управленческого решения и плана его реализации, постановка и разъяснение задач исполнителям). Две оставшиеся операции этапа организации (выделение ресурсов, организация взаимодействия исполнителей) придется выполнять в фазе нарастания. Фаза нарастания включает также две первые операции этапа регулирования (реализация плана решения задач и оперативное изменение плана).

На фазу насыщения приходятся оставшиеся операции этапа регулирования и этап контроля. С точки зрения качества данный план реализации управленческого цикла уступает предыдущему.

У задач с размерностью  $d = 4$  (зависимость E на рис. 4) на затратную фазу решения управленческой задачи приходится этап планирования и первая операция этапа организации. В фазе нарастания выполняются оставшиеся операции этапа организации и первые две операции этапа регулирования. Фаза насыщения аналогична предыдущей задаче. Таким образом, улучшение качества планирования не происходит.

Анализ оптимальности планирования по данным табл. 3 подтверждает, что по отношению к пятиуровневым схемам трехуровневые позволяют снизить удельные затраты и затраты на каждую фазу. Однако с точки зрения оптимальности планирования управленческого цикла существенных результатов получить не удастся.

На заключительном этапе выполнялось имитационное моделирование решения управленческой задачи для схемы с нормой управляемости  $\lambda = 5$ . Схема имеет количество уровней управления, равное  $M = 2$ . Результаты моделирования приведены в табл. 1 и на рис. 5.

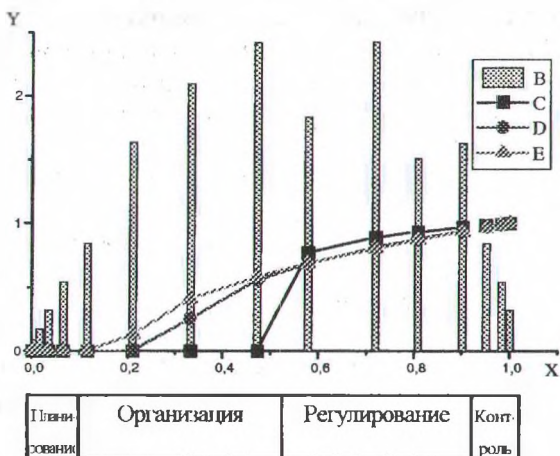


Рис. 5. Фазовая диаграмма для линейной схемы с нормой управляемости  $\lambda = 5$ : В — операции управленческого цикла; С — диаграмма для задач с размерностью  $d = 2$ ; D —  $d = 3$ ; E —  $d = 4$

Как видно в табл. 1, для таких схем соотношение затрат времени между этапами организации и регулирования наиболее близко к исходному. На этап организации приходится 41% затрат времени, а на этап регулирования — 43%. Доля затрат на этапы планирования и контроля составляет 16%. Рассмотрим более детально ситуацию на рис. 5.

Как видно на рис. 5, для задач с размерностью  $d = 2$  (зависимость С) на первую затратную фазу решения управленческой задачи приходится этап планирования и этап организации. Первая операция этапа регулирования (реализация плана решения задачи) выполняется в фазе нарастания.

На фазу насыщения приходятся остальные операции этапа регулирования и контроля. Рассматриваемый план реализации управленческого цикла для задач с  $d = 2$  является наиболее лучшим среди всех рассмотренных схем.

Для задач с размерностью  $d = 3$  (зависимость D на рис. 5) на затратную фазу решения управленческой задачи приходится этап планирования и две первые операции этапа организации (оформление управленческого решения и плана его реализации, постановка и разъяснение задач исполнителям).

Две оставшиеся операции этапа организации (выделение ресурсов, организация взаимодействия исполнителей) выполняются в фазе нарастания. Фаза нарастания включает также две первые операции этапа регулирования (реализация плана

решения задач и оперативное изменение плана). На фазу насыщения приходятся оставшиеся операции этапа регулирования и этап контроля. С точки зрения качества данный план реализации управленческого цикла уступает предыдущему.

У задач с размерностью  $d = 4$  (зависимость E на рис. 5) на затратную фазу решения управленческой задачи приходится этап планирования и первая операция этапа организации. В фазе нарастания выполняются оставшиеся операции этапа организации и первые две операции этапа регулирования. Фаза насыщения аналогична предыдущей задаче. Таким образом, по качеству план уступает обоим предыдущим.

Анализ данных табл. 3 показывает, что двухуровневые схемы имеют наименьшие удельные затраты и затраты на каждую фазу. Для задач с  $d = 2$  данные схемы являются наиболее оптимальными. Для задач с более высокой размерностью анализируемый план управленческого цикла можно считать удовлетворительным.

Таким образом, предложенная модель даст возможность более полно исследовать схемы организационного управления, обеспечив получение количественной оценки оптимальности планирования управленческого цикла. Дальнейшее развитие данного подхода позволит сформировать активную целенаправленную связь теории и практики управления.

### Литература

1. Ничипорович С. А., Кулак М. И., Трусевич Н. Э. Организационное управление в полиграфической промышленности. — М.: Русич, 2004. — 352 с.
2. Ничипорович С. А., Трусевич Н. Э., Кулак М. И. Перколяционная модель переходных процессов в задачах организационного управления полиграфической промышленностью // Труды БГТУ. Сер. IX. Издат. дело и полиграфия. — 2005. — Вып. XIII. — С. 110–114.
3. Князев С. Н. Управление: искусство, наука, практика. — Мн.: Армита — Маркетинг, Менеджмент, 2002. — 512 с.
4. Мельник М. В. Анализ и оценка систем управления на предприятиях. — М.: Финансы и статистика, 1990. — 136 с.
5. Ничипорович С. А., Кулак М. И., Неворов А. В. Управление издательско-полиграфическим комплексом: организационно-экономические аспекты. — М.: Финансы и статистика, 2003. — 304 с.