

## **МОДЕЛЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПОТОКОВ ЛИНЕЙНО-ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИОННОЙ СТРУКТУРЫ УПРАВЛЕНИЯ КРУПНЫМ НАУКОЕМКИМ ПРЕДПРИЯТИЕМ**

*Вопросам разработки моделей и методов анализа и управления информационными потоками, информационными ресурсами, информационными процессами посвящен ряд публикаций последних лет. Эта работа посвящена построению аналитической модели информационных потоков на высших уровнях иерархии линейно-функциональной организационной структуры управления крупным наукоемким предприятием, что даст возможность оценивать количественные характеристики таких потоков, а также оптимизировать информационную нагрузку менеджеров высшего звена. В работе было дано определение информационного потока и рассмотрены его характеристики. Для получения количественных оценок характеристик информационных потоков была построена модель, которая представлена интенсивностью потока информации, количеством и ценностью информации. Так как на практике довольно затруднительно воспользоваться формулами определения ценности информации, был сделан вывод, что при построении аналитической модели следует учитывать только интенсивность потока и количество информации. Рассмотренный пример вычисления количества информации на высших уровнях иерархии организационных структур и нахождения оптимальных маршрутов передачи информации дает возможность определить наиболее загруженных менеджеров высшего звена и оптимизировать их информационную нагрузку.*

**Ключевые слова:** линейно-функциональные организационные структуры; информационные связи; интенсивность потока; количество информации; ценность информации.

**Постановка проблемы.** Линейно-функциональные организационные структуры (ЛФОС) управления современными наукоемкими предприятиями, с одной стороны, характеризуются строгой иерархичностью, с другой стороны, структуры существенно отличаются по числу входящих в них подразделений (отделов, управлений, цехов, участков и др.), что может свидетельствовать о неравномерном распределении технологической, управленческой, коммуникационной и др. информации. Анализ информационной нагрузки на элементы ЛФОС, особенно верхних уровней иерархии (топ-менеджер, менеджеры высшего звена) с целью ее оптимизации, возможен с помощью моделей, которые определяют, характеризуют и оценивают информационные потоки в таких структурах.

**Анализ публикаций и последних достижений.** Вопросам разработки моделей и методов анализа и управления информационными потоками, информационными ресурсами, информационными процессами посвящен ряд публикаций последних лет [1, 2, 4, 8 и др.]. В работе [1] рассмотрены принципы построения системы контроля и управления организационными процессами с учетом накопленной информации. Работа [2] посвящена разработке модели информационных потоков в автоматизированных системах управления с применением теории случайных процессов. В работах [4, 8] рассмотрен метод интеллектуального управления информационными ресурсами промышленного предприятия и рассматриваются основные информатики. В то же время число публикаций, посвященных вопросам моделирования инфор-

мационных потоков в ЛФОС, по-видимому, является недостаточным.

**Цель работы.** Работа посвящена построению аналитической модели информационных потоков на высших уровнях иерархии ЛФОС управления крупным наукоемким предприятием, что даст возможность оценивать качественные и количественные характеристики таких потоков, а также оптимизировать информационную нагрузку менеджеров высшего звена.

**Изложение основного материала.** Предварительно необходимо дать определение информационного потока и рассмотреть его характеристики.

Под информационным потоком ( $I_n$ ) будем понимать случайный массив информационных сообщений, который определяется интенсивностью и количеством информации на определенном временном интервале, а также характеризуется наличием информационных связей, видами и формами представления информации. Данное определение позволяет описать модель в общем виде следующей системой кортежей:

$$I_n \Rightarrow \begin{cases} I_{uc} = \langle I_{\theta}, I_2, I_{\theta n} \rangle, \\ I_{\theta u} = \langle I_m, I_k, I_y \rangle, \\ I_{\phi nu} = \langle I_{\theta n}, I_{mn}, I_{\theta u} \rangle. \end{cases} \quad (1)$$

где  $I_{uc}$  – кортеж информационных связей, который в соответствии с ЛФОС (рис.1) представлен следующими составляющими: вертикальные ( $I_{\theta}$ ), горизонтальные ( $I_2$ ) и внешние ( $I_{\theta n}$ ) связи;

$I_{\theta u}$  – кортеж видов информации: технологическая ( $I_m$ ), коммуникационная ( $I_k$ ), управленческая ( $I_y$ );

$I_{\phi nu}$  – кортеж форм представления информации: на бумажных носителях ( $I_{\theta n}$ ), магнитных носителях ( $I_{mn}$ ), вербальная информация ( $I_{\theta u}$ ).

Наличие вертикальных информационных связей ( $I_{\theta}$ ) определяется иерархичностью организационной структуры и взаимным подчинением ее элементов (подразделений), выполняющих определенные производственные задания. Информационные потоки в таких связях несут в себе сообщения, представленные содержимым приказов, распоряжений, инструкций и других нормативных документов. Горизонтальные связи ( $I_2$ ) обусловлены взаимодействием различных подразделений, которое направлено на достижение единой цели, и обеспечивается должностными инструкциями, положениями об отделе (подразделении), регламентами и т.п. В основе внешних информационных связей ( $I_{\theta n}$ ) лежит взаимодействие с министерствами и ведомствами, государственными административными органами и др.

Модель, представленная выражением (1) дает возможность получать общую характеристику информационных потоков в ЛФОС (рис. 1) и оценить их на качественном уровне.

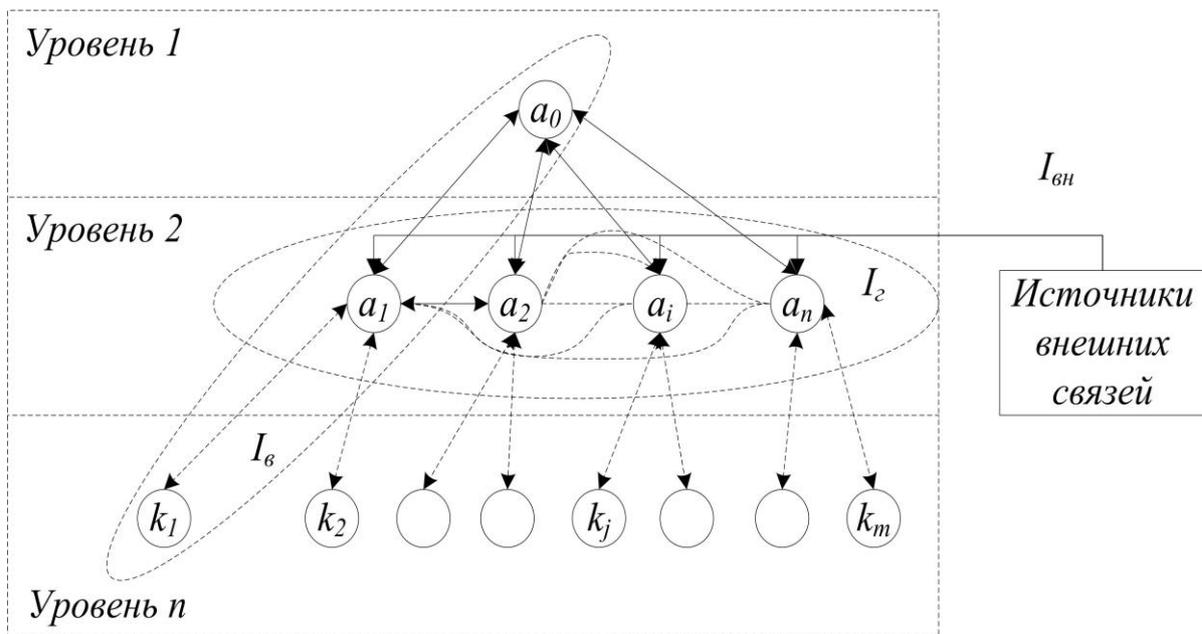
Вместе с тем, для получения количественных оценок характеристик информационных потоков, необходимо рассмотреть аналитическую модель  $I_{ам}$ , которую можно представить следующим кортежем:

$$I_{ам} = \langle I_{инп}, I_{кпн}, I_{ци} \rangle, \quad (2)$$

где  $I_{инп}$  – интенсивность информационного потока, которая с позиции случайных потоков (процессов) определяется величиной  $\lambda$  (средним числом поступающих сообщений в единицу времени);

$I_{кпн}$  – количество информации потока, определяемого энтропией  $H$ :

$$I_H = H(x) = - \sum_{i=1}^n P(x_i) \log_2 P(x_i), \quad (3)$$



**Рис. 1.** ЛФОС и виды информационных связей  
 $a_0$  – топ-менеджер;  $(a_1, a_2, \dots, a_j, \dots, a_n)$  – менеджеры высшего звена

где  $n$  – количество возможных сообщений (в примере  $n = \lambda$ , среднее число сообщений в единицу времени);

$I_{ци}$  – ценность информации, для нахождения которой может быть применена мера ценности Бонгарда и Харкевича:

$$I_{ци} = \log_2 \frac{P}{p}, \quad (4)$$

где  $P$  – вероятность достижения цели после получения информации;

$p$  – вероятность достижения цели до получения информации, зависит от полного количества информации  $I_H$ , определяется по формуле  $p = 2^{-I_H}$ .

Указанная выше формула ценности информации даёт и количество ценной информации. Например, если  $P=1$ , а  $p=1/n$  (для  $n$  равновероятных исходов – предварительная осведомленность (тезаурус), т.е. априорная информация отсутствует), то  $I_{ци} = \log_2 n$  – максимальное количество информации в данной ситуации [9].

Однако практически воспользоваться приведенными формулами в реальных случаях управления до-

вольно сложно. Во-первых, трудности могут возникнуть при подсчете вероятностей. Во-вторых, вероятности достижения цели до и после получения информации могут быть одинаковыми. В этом, как и в других случаях, сравнивать варианты достижения цели может оказаться полезным не по вероятностям, а по каким-то иным критериям, например, по времени. В общем случае этот выбор может быть многокритериальным, т.е. сравниваться должны не отдельные параметры, а изменения целевой функции многих параметров. В-третьих, для работы с приведенными формулами должна рассматриваться фиксированная цель, в то время как информация может использоваться для оценки и выбора целей. И наконец, недостатком является и то, что при использовании приведенных формул задача должна просчитываться до конца (до цели), что не всегда возможно.

Рассмотрим пример. Пусть в некоторой ЛФОС существуют 8 менеджеров высшего звена и множество функциональных связей между ними (рис. 2).

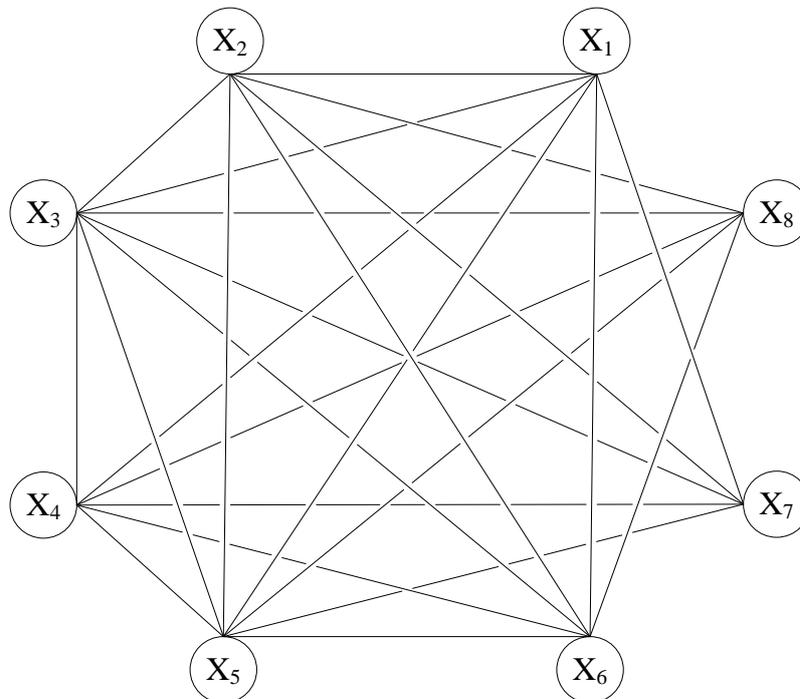


Рис. 2. Схема функциональных связей между менеджерами высшего звена,

где  $X_1$  – директор по маркетингу,  $X_2$  – генеральный конструктор,  $X_3$  – зам. ген. директора по производству,  $X_4$  – технический директор,  $X_5$  – главный инженер,  $X_6$  – зам. ген. директора по финансам и экономике,  $X_7$  – директор по персоналу и НТИ,  $X_8$  – директор по закупкам

Полный граф с  $n$  вершинами имеет  $\frac{n(n-1)}{2}$  ребер, т.е. для графа с  $n=8$  число ребер  $k=28$ . Однако в представленном графе 24 ребра.

Определим вероятности событий, характеризующих появление сообщений во всех каналах связей каждой из вершин:

$$P(X_1) = P(X_2) = P(X_4) = P(X_6) = \frac{k_1}{k} = \frac{6}{25} = 0,24;$$

$$P(X_3) = P(X_5) = \frac{7}{25} = 0,28; \quad P(X_7) = P(X_8) = \frac{5}{25} = 0,2.$$

Интенсивность потоков сообщений между менеджерами  $\lambda$  представлена средним числом сообщений

в единицу времени (табл. 1). Интенсивность находится в интервале (1;10), исходя из реальных возможностей взаимодействия между менеджерами.

Таблица 1

Интенсивность потоков сообщений между менеджерами

$\lambda$	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$	$X_7$	$X_8$
$X_1$		3	4	5	6	2	4	
$X_2$	3		8		7	5	5	4
$X_3$	4	8		8	3	2	3	5
$X_4$	5		8		4	2	5	2
$X_5$	6	7	3	4		5	7	4
$X_6$	2	5	2	2	5			7
$X_7$	4	5	3	5	7			
$X_8$		4	5	2	4	7		

Необходимо определить через какой узел графа проходит больше всего информации. Для этого выполним ряд вычислений по формуле (4):

$$I(X_1) = -\sum_{i=1}^n \lambda(X_1; x_i) P(X_1) \log_2 P(X_1) = -3 * 0,24 \log_2 0,24 - 4 * 0,24 \log_2 0,24 - 5 * 0,24 \log_2 0,24 - 6 * 0,24 \log_2 0,24 - 2 * 0,24 \log_2 0,24 - 4 * 0,24 \log_2 0,24 = 11,859 \text{ дв.ед.}$$

$$I(X_2) = -\sum_{i=1}^n \lambda(X_2; x_i) P(X_2) \log_2 P(X_2) = -3 * 0,24 \log_2 0,24 - 8 * 0,24 \log_2 0,24 - 7 * 0,24 \log_2 0,24 - 5 * 0,24 \log_2 0,24 - 5 * 0,24 \log_2 0,24 - 4 * 0,24 \log_2 0,24 = 15,812 \text{ дв.ед.}$$

$$I(X_3) = -4 * 0,28 \log_2 0,28 - 8 * 0,28 \log_2 0,28 - 8 * 0,28 \log_2 0,28 - 3 * 0,28 \log_2 0,28 - 2 * 0,28 \log_2 0,28 - 3 * 0,28 \log_2 0,28 - 5 * 0,28 \log_2 0,28 = 16,306 \text{ дв.ед.}$$

$$I(X_4) = -5 * 0,24 \log_2 0,24 - 8 * 0,24 \log_2 0,24 - 4 * 0,24 \log_2 0,24 - 2 * 0,24 \log_2 0,24 - 5 * 0,24 \log_2 0,24 - 2 * 0,24 \log_2 0,24 = 12,847 \text{ дв.ед.}$$

$$I(X_5) = -6 * 0,28 \log_2 0,28 - 7 * 0,28 \log_2 0,28 - 3 * 0,28 \log_2 0,28 - 4 * 0,28 \log_2 0,28 - 5 * 0,28 \log_2 0,28 - 7 * 0,28 \log_2 0,28 - 4 * 0,28 \log_2 0,28 = 17,789 \text{ дв.ед.}$$

$$I(X_6) = -2 * 0,24 \log_2 0,24 - 5 * 0,24 \log_2 0,24 - 2 * 0,24 \log_2 0,24 - 2 * 0,24 \log_2 0,24 - 5 * 0,24 \log_2 0,24 - 7 * 0,24 \log_2 0,24 = 11,365 \text{ дв.ед.}$$

$$I(X_7) = -4 * 0,28 \log_2 0,28 - 5 * 0,28 \log_2 0,28 - 3 * 0,28 \log_2 0,28 - 5 * 0,28 \log_2 0,28 - 7 * 0,28 \log_2 0,28 = 11,859 \text{ дв.ед.}$$

$$I(X_8) = -4 * 0,28 \log_2 0,28 - 5 * 0,28 \log_2 0,28 - 2 * 0,28 \log_2 0,28 - 4 * 0,28 \log_2 0,28 - 7 * 0,28 \log_2 0,28 = 10,871 \text{ дв.ед.}$$

Самая большая информационная нагрузка у менеджеров  $X_3$  (зам. ген. директора по производству) и  $X_5$  (главный инженер).

Используя модифицированный метод Дейкстры (табл. 2) – нахождение пути по максимальным значе-

ниям количества информации, проходящей через каждый канал связи

$$I = -\lambda(X_j; x_i)P(X_j) \log_2 P(X_j),$$

где  $j=1..8$ ,  $i=1..n$ ,  $n$  – количество связей менеджера  $X_j$ , находим оптимальные маршруты передачи информации от одного менеджера всем остальным (табл. 3).

Таблица 2

Количество информации, проходящей по каждому каналу связи

	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$	$X_7$	$X_8$
$X_1$		1,482	1,977	2,470	2,965	0,988	1,977	
$X_2$	1,482		3,953		3,459	2,471	2,471	1,977
$X_3$	1,977	3,953		3,953	1,482	0,988	1,482	2,471
$X_4$	2,471		3,953		1,977	0,988	2,471	0,988
$X_5$	2,965	3,459	1,482	1,976		2,471	3,459	1,977
$X_6$	0,988	2,471	0,988	0,988	2,471			3,459
$X_7$	1,977	2,471	1,482	2,471	3,459			
$X_8$		1,977	2,471	0,988	1,977	3,459		

Таблица 3

Маршруты передачи информации

№	Маршрут	Количество информации, проходящей по маршруту
1	$X_1 \rightarrow X_5 \rightarrow X_7 \rightarrow X_4 \rightarrow X_3 \rightarrow X_8 \rightarrow X_6 \rightarrow X_2$	21,2478
2	$X_1 \rightarrow X_4 \rightarrow X_7 \rightarrow X_2 \rightarrow X_3 \rightarrow X_8 \rightarrow X_6 \rightarrow X_5$	19,7654
3	$X_1 \rightarrow X_4 \rightarrow X_3 \rightarrow X_8 \rightarrow X_6 \rightarrow X_2 \rightarrow X_5 \rightarrow X_7$	21,7419
4	$X_1 \rightarrow X_4 \rightarrow X_7 \rightarrow X_5 \rightarrow X_2 \rightarrow X_3 \rightarrow X_8 \rightarrow X_6$	21,7419

Для снижения информационной нагрузки менеджеров можно выборочно удалить связи, которые не являются частью маршрута, которому было отдано предпочтение.

**Выводы.** Для получения количественных оценок характеристик информационных потоков в данной работе была рассмотрена аналитическая модель. Так как на практике довольно затруднительно воспользоваться формулами определения ценности информа-

ции, при построении аналитической модели следует учитывать только интенсивность потока и количество информации. Рассмотренный пример вычисления количества информации на высших уровнях иерархии ЛФОС и нахождения эффективных цепочек передачи информации дает возможность определить наиболее загруженных менеджеров высшего звена и оптимизировать их информационную нагрузку.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Белов, А.А. Модульное построение автоматизированной системы управления организационными процессами [Текст] / А.А. Белов, А.В. Гвоздев // Вестник ИГЭУ. – Иваново : ИГЭУ, 2007. – №3. – с.1–6.
2. Варламов, І.Д. Модель інформаційних потоків автоматизованих систем управління [Текст] / І.Д. Варламов, С.С. Гаценко // Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони. – Київ : НУОУ, 2014. – №3(21). – с. 5–10.
3. Вентцель Е. С. Теория случайных процессов и ее инженерные приложения [Текст] / Е.С. Вентцель, Л.А. Овчаров. – М. : Наука, 1991. – 384с.
4. Дли М. И. Метод интеллектуального управления информационными ресурсами [Текст] / М.И. Дли, И.В. Стоянова // Автоматизированные системы управления. – Смоленск : Синергия, 2010. – №5(29). – с13–22.
5. Ларичев О. И. Теория и методы принятия решений [Текст] / О.И. Ларичев. – М. : Логос, 2000. – 296 с.
6. Лившиц Б. С. Теория телеграфика [Текст] / Б. С. Лившиц, А.П. Харкевич. – М. : Связь, 1979. – 224 с.
7. Сигорский, В. П. Математический аппарат инженера [Текст] / В.П. Сигорский. – К. : Техніка, 1975. – 768 с.
8. Фридланд А. Я. Основные ресурсы информатики [Текст] / А.Я. Фридланд. – М.: Астрель, 2005. – 283 с.
9. Чернавский Д. С. Синергетика и информация (динамическая теория информации) [Текст] / Д.С. Чернавский. – М. : Единорис, 2004. – 288 с.

**I. I. Коваленко,  
К. О. Антіпова,  
Ю. П. Кучара,**

Національний університет кораблебудування  
ім. Адм. Макарова,  
м. Миколаїв, Україна

## **МОДЕЛЬ ІНФОРМАЦІЙНИХ ПОТОКІВ ЛІНІЙНО-ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ ОРГАНІЗАЦІЙНОЇ СТРУКТУРИ УПРАВЛІННЯ ВЕЛИКИМ НАУКОМІСТКИМ ПІДПРИЄМСТВОМ**

*Питанням розробки моделей і методів аналізу та управління інформаційними потоками, ресурсами, процесами присвячено низку публікацій останніх років. Ця робота присвячена побудові аналітичної моделі інформаційних потоків на вищій рівнях ієрархії лінійно-функціональної організаційної структури управління великим наукомістким підприємством, що дасть можливість оцінити кількісні характеристики таких потоків, а також оптимізувати інформаційне навантаження менеджерів вищої ланки. В роботі наведено визначення інформаційного потоку та розглянуті його характеристики. Для отримання кількісних оцінок характеристик була побудована модель, яка представлена інтенсивністю потоку інформації, кількістю та цінністю інформації. На практиці досить складно скористатися формулами визначення цінності інформації, тому при побудові аналітичної моделі слід враховувати тільки інтенсивність потоку та кількість інформації. Розглянутий приклад визначення кількості інформації на вищих рівнях ієрархії організаційних структур та знаходження оптимальних маршрутів передачі інформації дає можливість визначити та оптимізувати інформаційне навантаження менеджерів вищої ланки.*

**Ключові слова:** лінійно-функціональні організаційні структури; інформаційні зв'язки; інтенсивність потоку; кількість інформації; цінність інформації.

**I. I. Kovalenko,  
K. A. Antipova,  
Y. P. Kuchara,**

The Admiral Makarov National University  
of Shipbuilding,  
Mykolaiv, Ukraine

## **AN INFORMATION FLOW MODEL OF LINEAR- FUNCTIONAL ORGANIZATIONAL MANAGEMENT STRUCTURES OF HIGH-TECHNOLOGY ENTERPRISES**

*Many recent studies have focused on formation of models and methods of analysis and management of information flows, recourses and processes. This paper focuses on formation of an analytical model of information flows on the highest levels of management hierarchy of linear-functional organization management structure of high-technology enterprise. This paper gives the definition of information flow and its characteristics. In order to estimate these quantitative characteristics the model was developed which consists of information flow intensity, quantity and quality of information. In this paper information quantity is defined by entropy. Flow intensity is defined by the average number of messages received per time unit. The quality (value) of information can be defined using the measure of value by Bongard and Kharkevich. These parameters all together determine the value of the messages exchanged between participants of the organizational management structure. The research proved it to be difficult to use*

*the formulas to calculate the information quality properly. Therefore only flow intensity and information quantity are to be considered to construct an analytical model. They can be used to analyze and optimize the information overload on the senior managers of high-tech enterprises, such as engineering and shipbuilding plants, sea ports etc. This paper shows an example of information quantity calculation on the highest management levels and of finding the optimal data transmission routes. This in turn also shows information overloaded senior managers whose communications should be optimized.*

**Keywords:** *linear-functional organizational structures; information communication; flow intensity; information quantity; information quality.*

**Рецензенти:** д. пед. н, проф. **О. П. Мещанінов;**  
к. т. н., доц. **І. О. Кравець.**

© Коваленко И. И., Антипова Е. А., Кучара Ю. П., 2016

*Дата надходження статті до редколегії 17.05.16*