

УДК 004.89

А. П. СОБЧАК, А. В. ФИРСОВА

*Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского "ХАИ"***АНАЛИЗ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ**

*Рассмотрена классификация интеллектуальных информационных систем (ИИС). Описаны сравнительные характеристики экспертных систем, систем с интеллектуальным интерфейсом и самообучающихся систем: приведены их определения, области применения, характерные черты, достоинства и недостатки, ограниченность применения. Анализ ИИС показывает широкие перспективы синтеза новых самообучающихся экспертных систем. Рассмотрены особенности ИИС, а также этапы проектирования и стадии их жизненного цикла. Обоснована актуальность применения ИИС с поведенческим анализатором для принятия решений, дано формальное представление ИИС.*

**Ключевые слова:** интеллектуальная информационная система, ограничения в интеллектуальных системах, поведенческий анализ, сложный организационно-технический объект.

**Введение**

Интеллектуальные информационные системы (ИИС) являются эволюцией обычных информационных систем, которые сосредоточили в себе наиболее наукоемкие технологии с высоким уровнем автоматизации. ИИС автоматизируют процессы подготовки информации для принятия решений, а также процессы выработки вариантов решений, опирающихся на полученные данные.

Новым этапом развития интеллектуальных систем стало появление электронных вычислительных машин и телекоммуникационных сетей с элементами искусственного интеллекта. С самого начала исследований в области моделирования процесса мышления (конец 40-х годов) выделились два до недавнего времени практически независимых направления [1-3]: нейрокибернетическое и логическое. Первое направление исследований связано с моделированием деятельности мозга или созданием технического разума, а второе – с использованием вычислительной техники и программирования для создания технологии обработки, хранения и создания знаний, т.е. создание новой информационной технологии.

Анализ различных источников показал, что на данный момент нет четкого и однозначного определения интеллектуальной информационной системы. ИИС можно рассматривать как фабрику, производящую информацию, в которой заказом является информационный запрос, сырьем – исходные данные, продуктом – требуемая информация, а инструментом (оборудованием) – знание, с помощью которого данные преобразуются в информацию [4].

Приведем некоторые определения ИИС:

- интеллектуальная информационная система – это взаимосвязанная совокупность средств, методов и персонала, имеющая возможность хранения, обработки и выдачи информации, а также самостоятельной настройки своих параметров в зависимости от состояния внешней среды (исходных данных) и специфики решаемой задачи [5–7];

– ИИС – это информационно-вычислительная система с интеллектуальной поддержкой при решении задач без участия оператора [8–11];

– ИИС – комплекс программных, лингвистических и логико-математических средств для реализации основной задачи: осуществление поддержки деятельности человека [12–14].

Иными словами можно сказать, что ИИС – это в первую очередь такая система, которая работает со знаниями [15–19].

Ввиду многообразия разносторонней информации относительно классификации и особенностей ИИС актуальным является проведение сравнительного анализа с выделением характерных черт того или иного вида ИИС.

**Классификация ИИС**

Сравнительная характеристика различных ИИС (рис. 1) приведена в таблице.

На основании приведенного выше анализа можно сделать вывод о широких перспективах синтеза новых самообучающихся экспертных систем.

Такие системы являются по своей сути гибридными. Они работают на основе принципов объединения нескольких методов представления и обработки знаний, позволяют получать значительно лучшие результаты решения по сравнению с интел-

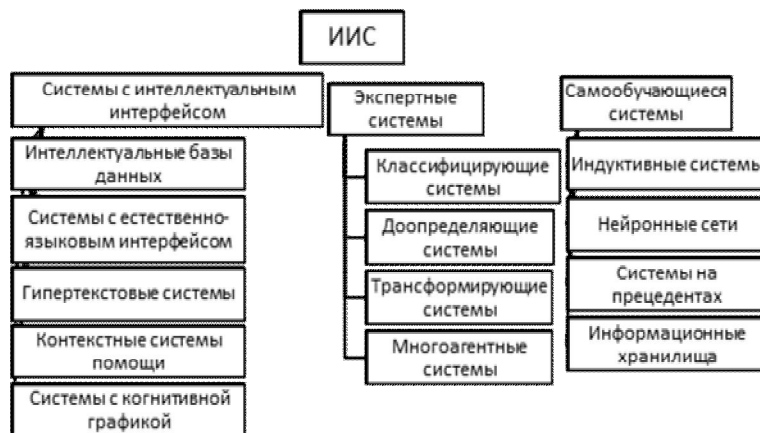


Рис. 1. Классификация ИИС

лектуальными системами, использующими единственный метод для тех же проблем [23–26].

Стоит отметить, что проблемы создания и использования гибридных ИИС все еще не решены, а именно, на каком уровне проводить объединение разных интеллектуальных технологий, какие гибриды являются наиболее перспективными и т. д. [25, 27, 28].

Использование экспертных систем само по себе требует наполнения базы знаний мнениями экспертов, при этом необходимость принятия решений в новых, ранее нерассмотренных задачах, требует повторного привлечения экспертов. Это в свою очередь требует значительных затрат времени и средств. Применение методов самообучения в экспертных системах позволит решить ряд оригинальных задач на основании имеющегося в системе опыта без необходимости повторного получения знаний от экспертов.

Последняя возможность является одной из главных достоинств таких систем в условиях дефицита квалифицированных экспертов, компетентных в данной области.

Одними из наиболее важных ИИС, позволяющих решать актуальную задачу синтеза структуры сложного организационно-технического объекта (СОТО), являются системы интегрированной экспертной поддержки принятия решений. Синтез структуры сводится к задаче оптимизации некоторой целевой функции, формализующей требования к структуре СОТО, при учете необходимых ресурсов и прочих ограничений.

ИИС, в которых проходят процессы принятия решений, можно представить следующим образом:

$$IS = \langle IS\_BD, IS\_KBD, I \rangle,$$

где  $IS\_BD$  – база данных ИИС, содержащая текущие данные;

$IS\_KBD$  – база знаний, содержащая множество правил вида «условие  $\rightarrow$  действие»;

$I$  – интерпретатор (решатель), реализующий процесс вывода.

Интерпретатор формально может быть представлен четверкой:

$$I = \langle C, S, K, W \rangle,$$

где  $C$  – процесс выбор из  $IS\_BD$  и из  $IS\_KBD$  подмножества необходимых данных и правил их обработки соответственно;

$S$  – процесс сопоставления данных и правил;

$K$  – процесс разрешения конфликтов (или процесс планирования), определяющий, какое из сопоставлений будет выполняться, в виде некоторого множества метаправил или процедур, описывающих выбор выполняемого правила;

$W$  – процесс, осуществляющий выполнение выбранного означенного правила.

Как известно, существует два основных подхода к моделированию систем искусственного интеллекта [29]: машинный интеллект, заключающийся в строгом задании результата функционирования, и искусственный разум, направленный на моделирование внутренней структуры системы. Для последних систем требуется разработка систем с поведенческим анализатором.

### Этапы проектирования ИИС

Существует несколько этапов проектирования ИИС, которые зависят от многих факторов, в частности от характера функций будущей интеллектуальной системы, области использования, наличия развитых инструментальных средств и т. д.

Процесс построения систем ИИС можно разделить на пять этапов (рис. 2). На первом этапе осуществляется определение задач и идентификация их характеристик; разрабатывается техническое зада-

Сравнительная характеристика ИИС

Определение	Характерные черты системы	Первые применения	Область применения	Ограниченность применения	Достоинства	Недостатки
1	2	3	4	5	6	7
Экспертные системы						
<p>Это ИИС, предназначенные для решения слабоформализуемых задач на основе накапливаемого в базе знаний опыта работы экспертов в проблемной области [4].</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– четкая ограниченность предметной области;</li> <li>– способность принимать решения в условиях неопределенности;</li> <li>– способность объяснять ход и результат решения понятным для пользователя способом;</li> <li>– четкое разделение декларативных и процедурных знаний (фактов и механизмов вывода);</li> <li>– способность пополнять базу знаний, возможность наращивания системы;</li> <li>– результат выдается в виде конкретных рекомендаций для действий в сложившейся ситуации, не уступающих решениям лучших специалистов;</li> <li>– ориентация на решение неформализованных (способ формализации пока неизвестен) задач;</li> <li>– алгоритм решения не описывается заранее, а строится самой экспертной системой;</li> <li>– отсутствие гарантии нахождения оптимального решения с возможностью учиться на ошибках.</li> </ul>	<p>Первую экспертную систему Dendral разработали в Стэнфорде в конце 1960-х годов. Это была экспертная система, определяющая строение органических молекул по химическим формулам и спектрографическим данным о химических связях в молекулах [2].</p>	<p>Наибольшее количество экспертных систем используется в военном деле, геологии, инженерном деле, информатике, космической технике, математике, медицине, метеорологии, промышленности, сельском хозяйстве, управлении процессами, физике, филологии, химии, электронике, юриспруденции.</p>	<p>В процессе решения задачи используются способности органов чувств человека, недоступные на сегодняшний день в мире машин; в решении задачи вовлечены много смысла человека или большой объем знаний, само собой разумеющихся для любого человека. Любая задача, которую не удастся инкапсулировать в ограниченный перечень фактов и правил, на сегодняшний день не под силу экспертным системам.</p>	<p>Достоинство применения экспертных систем заключается в возможности принятия решений в уникальных ситуациях, для которых алгоритм заранее неизвестен и формируется по исходным данным в виде цепочки рассуждений (правил принятия решений) из базы знаний. Причем решение задач предполагается осуществлять в условиях неполноты, недостовренности, многозначности исходной информации и качественных оценок процессов.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– передача экспертным системам «глубоких» знаний о предметной области представляет собой большую проблему. Как правило, это является следствием сложности формализации эвристических знаний экспертов;</li> <li>– экспертные системы неспособны предоставить осмысленные объяснения своих рассуждений, как это делает человек; экспертные системы всего лишь описывают последовательность шагов, предпринятых в процессе поиска решения;</li> <li>– отладка и тестирование любой компьютерной программы является достаточно трудоемким делом, но проверять экспертные системы особенно тяжело, поскольку экспертные системы применяют в таких критичных областях, как управление воздушным и железнодорожным движением, системами оружия и в ядерной промышленности;</li> <li>– экспертные системы обладают еще одним большим недостатком: они неспособны к самообучению, для того, чтобы поддерживать экспертные системы в актуальном состоянии, необходимо постоянное вмешательство в базу знаний инженеров по знаниям; экспертные системы, лишённые поддержки со стороны разработчиков, быстро теряют свою востребованность.</li> </ul>

1	2	3	4	5	6	7
<b>Системы с интеллектуальным интерфейсом</b>						
Это ИИС, предназначенная для поиска неявной информации в БД или тексте для производственных запросов, составляемых на ограниченном естественном языке [20].	– необходимость решать задачи морфологического, синтаксического и семантического анализа и синтеза высказываний на естественном языке: общение на ограниченном естественном языке (ограниченность заключается в способности понять пользователя); – автоматический синтез программ (для перевода сообщения пользователя на язык компьютера); – выдача обоснования полученного решения; возможность обучения пользователя работе с системой; – необходимость ограничить предметную область для решения задач принятия решений (алгоритм решения описывается заранее).	Джо Вайзенбаум, написавший в 1966 году первую "беседующую" программу "Элиза". Она повторяла фразы собеседника в форме вопросов и составляла новые фразы из уже использованных слов [21].	Используются в мониторинге и управлении оперативными процессами, в обучающих и тренажерных системах на основе принципов виртуальной реальности, в оперативных системах принятия решений, работающих в режиме реального времени, в распознавании графических образов.	– слабая адаптируемость к изменениям предметной области; – трудно адаптируема к информационным потребностям пользователей; – невозможность решать сложные трудноформализуемые задачи из-за ограничений в размерности признакового пространства.	Достоинство применения систем с интеллектуальным интерфейсом заключается в возможности поиска неявной информации в базе знаний.	– невозможно применение систем с интеллектуальным интерфейсом в том случае, если БД охватывает не все классификационные признаки; – нельзя организовать систему с интеллектуальным интерфейсом с недостаточным уровнем формализуемости предметной области.
<b>Самообучающиеся системы</b>						
Это ИИС, которая на основе примеров реальной практики автоматически формирует единицы знаний [8].	Способность принимать новые решения при обновлении информации в базе знаний, а также на основании результатов применения существующих знаний при надлежащем уровне обучения появляется возможность принимать достаточно корректные решения в незнакомых ситуациях, есть возможность нахождения оптимального решения с возможностью учиться на ошибках.	Первую техническую модель самоорганизующейся системы создал английский ученый Р. Эшби в 1948 г. (гомеостат Эшби) [22].	Получили стремительное развитие и очень активно используются в финансовой области.	– необходимость формирования начальной (обучающейся) выборки и сложность организации процесса обучения; – длительный процесс обучения, вследствие чего нельзя достаточно быстро получить эффекты от их применения.	– универсальность и простота заполнения; – способность к обучению; – адаптация к новым данным; – возможность работы с неполными, неточными, искаженными данными и знаниями.	– относительно низкая адекватность БЗ из-за неполноты, зашумленности обучающей выборки; – низкая степень объяснимости полученных результатов; – поверхностное описание проблемной области и узкая направленность применения; – ограничения в размерности признакового пространства.



Рис. 2. Этапы проектирования ИИС

ние на проектируемую ИИС, ограничивается круг пользователей системы.

Второй этап предполагает выделение главных концепций предметной области, которые отражают знания круга экспертов, определение формальных средств представления знаний и процедур получения решений. При этом выявляются и формулируются понятия, определяющие выбор характерной схемы представления знаний эксперта о предметной области.

Следующий этап – выбор формализма представления знаний и определение механизма вывода решений. Структура для представления знаний, которая была разработана на этом этапе, является основой для непосредственного построения базы знаний системы.

Потом осуществляется выбор или разработка языка представления знаний, далее на основе сформулированных правил, знания заносятся в базу знаний.

Последний этап предполагает тестирование системы с помощью проверочных задач.

Стоит отметить, что на данный момент отсутствует четкое разграничение этапов создания ИИС, а их содержание не является подробно регламентированным.

С понятием этапов проектирования ИИС тесно связаны стадии их существования. Стадии существования ИИС (или их жизненные циклы) соответствуют уровню готовности системы, завершенности ее функциональных возможностей, реализуемых инструментарием. Выделяют следующие стадии существования интеллектуальных систем: демонстрационный прототип; исследовательский прототип; действующий прототип; промышленная система; коммерческая система.

Проектирование ИИС, которые должны действовать в некоторой окружающей среде, предполагает разработку специальных **поведенческих процедур**, которые позволили бы им адекватно взаимодействовать с окружающей средой, другими системами и людьми.

Для достижения такого взаимодействия необходимо вести исследования в ряде направлений и создать модели целесообразного поведения, нормативного поведения, ситуационного поведения, спе-

циальные методы многоуровневого планирования и коррекции планов в динамических ситуациях. Создание ИИС имеет существенные отличия от разработки обычного программного продукта, а копирование методологий, принятых в традиционном программировании, чаще всего приводит к отрицательному результату [30].

## Выводы

Проведенный анализ показал, что использование нескольких видов ИИС позволяет решать значительно больший спектр задач, таким образом ИИС охватывают все большее число областей применения.

Однако несмотря на значительные успехи в области ИИС, пока еще существует определенный разрыв между техническими разработками, программными средствами ИИС и возможностями их более широкого практического применения, в частности, в сложном машиностроении.

Заметной является актуальность разработки комплекса правил, формирующих модель поведенческих реакций на некотором уровне при необходимости учета ограничений при построении систем с искусственным интеллектом и настройке поведенческого анализатора. Все это, в свою очередь, требует описания ИИС в виде сложного организационно-технического объекта, который бы воспроизводил эти механизмы с помощью тех или иных технических устройств, с тем, чтобы «поведение» таких устройств хорошо совпадало с поведением человека в определенных, заранее задаваемых пределах. Такие СОТО базируются на математической интерпретации деятельности нервной системы во главе с мозгом человека и реализуются в виде нейроподобных сетей на базе нейроподобного элемента – аналога нейрона.

Таким образом, интеллектуализация информационных систем и трансформация их в интеллектуальные информационные системы управления знаниями, поддержки принятия решений является актуальным направлением в научных исследованиях, так как имеет огромные перспективы в практическом применении.

## Литература

1. Поспелов, Г. С. Искусственный интеллект – основа новой информационной технологии [Текст] / Г. В. Поспелов. – М. : Наука, 1988. – 280 с.
2. Макаренко, С. И. Интеллектуальные информационные системы [Текст] : учеб. пособие / С. И. Макаренко. – Ставрополь : СФ МГГУ им. М. А. Шолохова, 2009. – 206 с.
3. Гаврилов, А. В. Системы искусственного интеллекта [Текст] : метод. указания для студентов / А. В. Гаврилов. – Новосибирск : НГТУ, 2004. – 59 с.
4. Тельнов, Ю. Ф. Интеллектуальные информационные системы [Текст] / Ю. Ф. Тельнов. – М. : МЭСИ, 2004. – 82 с.
5. Козлов, А. Н. Интеллектуальные информационные системы [Текст] : учебник / А. Н. Козлов. – Пермь : ФГБОУ ВПО Пермская ГСХА, 2013. – 306 с.
6. Громов, Ю. Ю. Интеллектуальные информационные системы и технологии [Текст] : учеб. пособие / Ю. Ю. Громов, О. Г. Иванова, В. В. Алексеев и др. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2013. – 244 с.
7. Советов, Б. Я. Интеллектуальные системы и технологии [Текст] : учеб. пособие / Б. Я. Советов, В. В. Цехановский, В. Д. Чертовской. – М. : Издательский центр «Академия», 2013. – 320 с.
8. Андрейчиков, А. В. Интеллектуальные информационные системы [Текст] / А. В. Андрейчиков, О. Н. Андрейчикова. – М. : Финансы и статистика, 2004. – 424 с.
9. Трофимова, Л. А. Управление знаниями [Текст] : учеб. пособие / Л. А. Трофимова, В. В. Трофимов. – СПб. : Изд-во СПбГУЭФ, 2012. – 77 с.
10. Гаскаров, Д. В. Интеллектуальные информационные системы [Текст] : учеб. пособие / Д. В. Гаскаров. – М. : Высш. шк., – 2003. – 431 с.
11. Глухих, И. Н. Интеллектуальные информационные системы [Текст]: учеб. пособие / И. Н. Глухих. – М. : Издательский центр «Академия», 2010. – 112 с.
12. Мигас, С. С. Интеллектуальные информационные системы [Текст] : учеб. пособие / С. С. Мигас. – СПб. : Изд-во СПбГИЭУ, 2009. – 160 с.
13. Луценко, Е. В. Интеллектуальные информационные системы [Текст] : учеб. пособие / Е. В. Луценко. – Краснодар : КубГАУ, 2004. – 633 с.
14. Романов, В. П. Интеллектуальные информационные системы в экономике [Текст] : учеб. пособие / В. П. Романов ; под ред. д.э.н. проф. Н. П. Тихомирова. – М. : изд. «Экзамен», 2003. – 496 с.
15. Koleshko, V. M. Intelligent Systems [Text] / V. M. Koleshko. – Rijeka, Croatia InTech, 2012. – 376 p.
16. Джарантино, Дж. Экспертные системы : принципы разработки и программирования [Текст] : пер. с англ. / Дж. Джарантино, Г. Райли. – 4-е изд. – М. : Изд. дом «Вильямс», 2007. – 1152 с.
17. Jackson, P Introduction to Expert Systems [Text] / P. Jackson. – Addison Wesley Publishing Company, 1998. – 560 p.
18. Люгер, Дж. Искусственный интеллект: стратегии и методы решения сложных проблем [Текст] : пер. с англ. / Дж. Люгер, С. Рассел, П. Норвиг. – 4-е изд. – М. : Изд. дом «Вильямс», 2003. – 864 с.
19. Рассел, С. Искусственный интеллект: современный подход [Текст] : пер. с англ. / С. Рассел, П. Норвиг. – 2-е изд. – М. : Изд. дом «Вильямс», 2006. – 1408 с.
20. Основы построения и функционирования интеллектуальных информационных систем [Текст] : учеб. пособие / В. Д. Былкин, В. Н. Дубинин, Т. А. Глебова, И. И. Коновалова ; под общ. ред. проф. А. Н. Кошева. – Пенза : ПГУАС, 2007. – 207 с.
21. Луценко, Е. В. Теоретические основы и технология применения системно-когнитивного анализа в автоматизированных системах обработки информации и управления (на примере АСУ вузом) [Текст] : моногр. / Е. В. Луценко, В. Е. Коржаков, В. Н. Лаптев ; под науч. ред. Е. В. Луценко. – Майкоп : АГУ, 2009. – 520 с.
22. Лернер, А. Я. Начала кибернетики [Текст] / А. Я. Лернер. – М. : Наука, 1967. – 400 с.
23. Kasabov, N. Evolving connectionist systems [Text] / N. Kasabov. – London : Springer-Verlag London Limited, 2003. – 451 p.
24. Jang, J. S. R. Neuro-Fuzzy and Soft computing [Text] / J. S. R. Jang., C. T. Sun, E. Mizutani. // Prentice-Hall. – New Jersey, 1997. – 239–240 p.
25. Medsker, L. R. Hybrid Intelligent Systems [Text] / L. R. Medsker. – Kluwer Academic Publ., Boston, 1995. – 295 p.
26. Wermter, S Hybrid approaches to neural network-based language processing [Text] / S. Wermter. // Technical Report TR-97-030. International Computer Science Institute. – Berkely, California, 1997 – 27 p.
27. Рутковская, Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы [Текст] / Д. Рутковская, М. Пилиньский, Л. Рутковский. – М. : Горячая линия – Телеком, 2006. – 452 с.
28. Ярушикина, Н. Г. Основы теории нечетких и гибридных систем [Текст] : учеб. пособие /

Н. Г. Ярушкіна. – М. : Финансы и статистика, 2004. – 320 с.

29. Психология: Учебник для педагогических вузов [Текст] / Под ред. Б. А. Сосновского. – М. : Высшее образование, 2008. – 660 с.

30. Собчак, А. П. Информационно-логистическая модель управления социальными про-

ектами с применением поведенческого анализа [Текст] / А. П. Собчак, К. В. Мулюкина // Экономика та управління підприємствами машинобудівної галузі: проблеми теорії та практики : зб. наук. пр. / М-во освіти і науки України, Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «ХАІ». – Х., 2013. – Вип. 4 (24). – С. 19–35.

Поступила в редакцію 8.10.2015, рассмотрена на редколлегии 18.11.2015

## АНАЛІЗ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

*А. П. Собчак, А. В. Фірсова*

Розглянуто класифікацію інтелектуальних інформаційних систем (ІІС). Описано порівняльні характеристики експертних систем, систем з інтелектуальним інтерфейсом і самонавчальних систем: наведено їх визначення, сфери застосування, описано характерні риси, переваги і недоліки, обмеженість застосування. Аналіз ІІС показує широкі перспективи синтезу нових самонавчальних експертних систем. Розглянуто особливості ІІС, а також етапи проектування і стадії їх життєвого циклу. Обґрунтовано актуальність застосування ІІС з поведінковим аналізатором для прийняття рішень, дано формальне подання ІІС.

**Ключові слова:** інтелектуальна інформаційна система, обмеження в інтелектуальних системах, поведінковий аналіз, складний організаційно-технічний об'єкт.

## ANALYSIS OF INTELLIGENT INFORMATION SYSTEMS

*A. P. Sobchak, A. V. Firsova*

The classification of intelligent information systems (IIS) was examined. There were also described comparative characteristics of both expert systems, intelligent interface systems and self-learning systems; their definition, implementation areas, characteristic features, advantages and disadvantages, implementation limits. The IIS analysis shows wide range of prospects synthesis of self-learning expert systems. There were also described both IIS characteristics and their design and life cycle phases. The actuality of IIS implementation with behavioral analyzer for decision making was also proven and the formal presentation of IIS was given.

**Key words:** intelligent information systems, intelligent systems limits, behavioral analysis, complicated organization-technical object.

**Собчак Андрей Павлович** – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри менеджмента, Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Харьков, Украина.

**Фірсова Анна Викторовна** – аспірант каф. менеджмента, Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Харьков, Украина, e-mail: kushnar\_07@inbox.ru.