

# ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

УДК 004.94:378.14

DOI: 10.25206/1813-8225-2018-162-211-216

Г. Н. БОЯРКИН  
К. В. КРАВЧЕНКО  
О. Г. ШЕВЕЛЕВА

Омский государственный  
технический университет,  
г. Омск

## СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД В ПЛАНИРОВАНИИ И УПРАВЛЕНИИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССАМИ ПОДГОТОВКИ КАДРОВ ВЫСШЕЙ КВАЛИФИКАЦИИ

В данной статье рассмотрена проблема повышения эффективности обучения в аспирантуре путем решения оптимизационной задачи распределения поступающих по научным руководителям с учетом потенциалов участников процесса обучения. Построена модель декомпозиции бизнес-процессов подготовки кадров высшей квалификации, определены потенциалы поступающего и научного руководителя, разработана математическая модель оптимизационной задачи распределения поступающих по научным руководителям, предложены требования к программной реализации данной задачи. В работе предложено логическое описание модели распределения поступающих по научным руководителям и структуры ее математического описания.

**Ключевые слова:** бизнес-процесс, оптимальное распределение, метод анализа иерархий, потенциал участника процесса обучения, математическое моделирование.

Исследование процесса образования — важная задача для управления образовательными учреждениями, следовательно, и улучшения качества подготовки будущих специалистов. Подготовка научно-педагогических кадров в аспирантуре рассматривается в качестве третьего уровня высшего образования, что соответствует международной стандартной классификации высшего образования и практике европейских стран. Согласно одобренным на болонском семинаре в Зальцбурге («Зальцбург-Г», 2005 г.) базовым принципам, определяющим характер подготовки научных кадров для европейского общества знаний, аспирантские программы должны включать не только оригинальное научное исследование, но и образовательную компоненту, направленную на расширение и углубление знаний в предметной области, а также

на формирование общих, универсальных компетенций для удовлетворения потребностей рынка труда, более широкого, нежели мир науки [1]. При осуществлении подготовки аспирантов достаточное внимание акцентируется на соответствии учебных планов запросам основных отраслей экономики и сферы инноваций. Развитие функционала аспирантуры приводит к поиску путей улучшения и повышения качества управления подготовки будущих преподавателей-исследователей и оценки работы аспирантуры.

В настоящий момент официальным показателем эффективности аспирантуры можно считать аспирантов, защищающих работы в сроки обучения в аспирантуре.

Также регулируется эффективность аспирантуры при оперативном отслеживании программ

развития университетов. Такого рода подход к оценке результатов деятельности аспирантуры нельзя считать исчерпывающим, поскольку не учитываются изменения в современном законодательстве, касаемые процесса обучения в аспирантуре [2]. Таким образом, сегодня существующая система оценивания эффективности аспирантуры не может дать ответ на вопрос повышения качества выпуска. Вопросы, связанные с повышением эффективности аспирантуры и качества подготовки аспирантов в российских вузах, рассматривались в работах В. И. Байденко [3], Б. И. Бедного [4], В. Г. Выскуба [5], В. А. Гуртова [6], И. Г. Дежиной [7], С. В. Егеревы [8], В. Ю. Петрова [9], и др. В публикациях этих авторов отражены современные тенденции развития образования третьего уровня, а также содержатся предложения по повышению эффективности аспирантуры. Кроме того, обращается внимание на необходимость совершенствования оценки эффективности подготовки научных кадров [10]. В настоящее время не учитывается эффективность осуществления учебного процесса в аспирантуре, на которую, в свою очередь, оказывают влияние достаточно много факторов. Важнейшими из них являются потенциальные возможности научных руководителей и самих поступающих аспирантов.

Целью исследования является повышение эффективности обучения в аспирантуре путем решения оптимизационной задачи распределения поступающих по научным руководителям с учетом потенциала участников процесса обучения.

Для достижения поставленной цели решаются следующие задачи:

1. Анализируются существующие подходы к определению понятия «эффективность» аспирантуры применительно к образовательной и научной деятельности.

2. Строится модель декомпозиции бизнес-процессов по подготовке кадров высшей квалификации, отражающая структуру и взаимосвязи подпроцессов нижнего уровня; анализируются наиболее важные составляющие детальные процессы подготовки обучающихся аспирантов. Проектируются диаграммы потоков данных и потоков работ для более точного понимания причинно-следственных связей между событиями. Выделяются факторы, влияющие на эффективность обучения.

3. На основании статистических данных выводятся основные потенциалы поступающего и научного руководителя. Разрабатывается математическая модель оптимизационной задачи распределения поступающих по научным руководителям с учетом потенциалов участников процесса.

4. Осуществляется программная реализация экспертной системы по оптимальному распределению руководителей и аспирантов для сотрудников отдела аспирантуры.

5. Формулируются основные принципы, на которых должно базироваться распределение научных руководителей и аспирантов на начальном этапе для повышения эффективности обучения в аспирантуре.

Методы исследований, применяемые в работе, базируются на методологии проектирования бизнес-процессов IDEF0, IDEF3 [11], структурном анализе, математическом моделировании.

При выполнении исследования были получены следующие основные результаты:

1. Предложен вариант определения показателя «эффективности» аспирантуры, основанного

на оценке научно-исследовательской и учебной деятельности.

2. Построена модель декомпозиции бизнес-процессов по подготовке кадров высшей квалификации, отражающая структуру и взаимосвязи подпроцессов нижнего уровня; выделены факторы, влияющие на эффективность обучения.

3. Определены потенциалы поступающего и научного руководителя. Разработана математическая модель оптимизационной задачи распределения поступающих по научным руководителям с учетом потенциалов участников процесса.

4. Предложены требования к программной реализации экспертной системы по распределению руководителей и поступающих.

Работа представляет практическую значимость, поскольку на основе полученных данных в дальнейшем можно разработать модуль, благодаря которому в процессе проведения приемной кампании будет возможность анализировать потенциальных руководителей, потенциальных аспирантов, а также принимать решения по закреплению поступивших за научными руководителями.

Анализируя деятельность аспирантуры за последнее десятилетие (согласно сводным данным, приведенным на официальном сайте Федеральной службы государственной статистики), стоит отметить, что численность организаций, ведущих подготовку аспирантов, снизилась на 3 %, но в период 2006–2013 гг. наблюдался ее рост. При этом численность аспирантов существенно изменилась в сторону уменьшения (33 %) [12]. Снизилось число принятых (59 %) и выпущенных (37,5 %) аспирантов в 2016 году по сравнению с 2006 годом. Показатель критерия эффективности — доля выпуска аспирантов с защитой диссертации в срок — снижается. Проведен анализ существующих подходов к оценке эффективности аспирантуры, по результатам которого можно сделать вывод о том, что существующие подходы к определению эффективности отталкиваются только от одного показателя — количества выпускающихся аспирантов с защитой диссертации. В результате проведенного анализа было установлено, что в настоящее время не учитывается эффективность осуществления образовательного процесса в аспирантуре [13].

Для определения показателя эффективности аспирантуры, основанного на оценке потенциалов научного руководителя и аспиранта, было выполнено обследование предметной области — отдела аспирантуры и докторантуры ФГБОУ ВО ОмГТУ. Была построена модель декомпозиции бизнес-процессов подготовки обучающихся в аспирантуре [14], выделены основные подпроцессы, выявлены основные взаимосвязи потоков данных и событий. В ходе обследования предметной области были выявлены основные факторы, оказывающие влияние на эффективность обучения в аспирантуре. К данным факторам можно отнести:

- 1) качество контингента поступающих;
- 2) взаимодействие аспиранта с научным руководителем;
- 3) учебно-методическое обеспечение вуза;
- 4) материально-техническое обеспечение вуза.

Целевой проблемой процесса приема в аспирантуру (рис. 1) является качество контингента (и, как следствие, качество обучающихся в аспирантуре). Главной метрикой (показателем эффективности) процесса является интегральный показатель поступающего, который включает в себя потен-

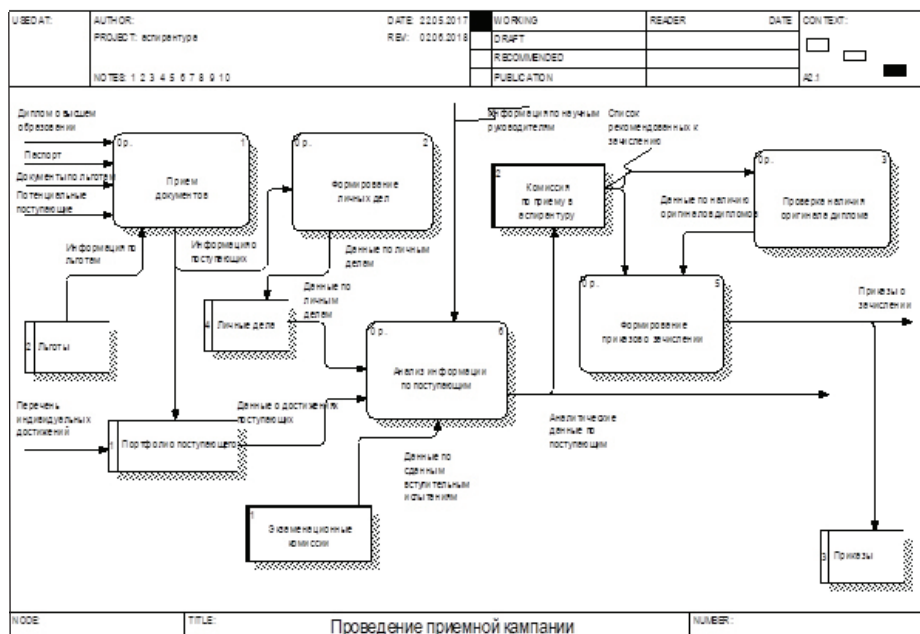


Рис. 1. Проведение приемной кампании в аспирантуре

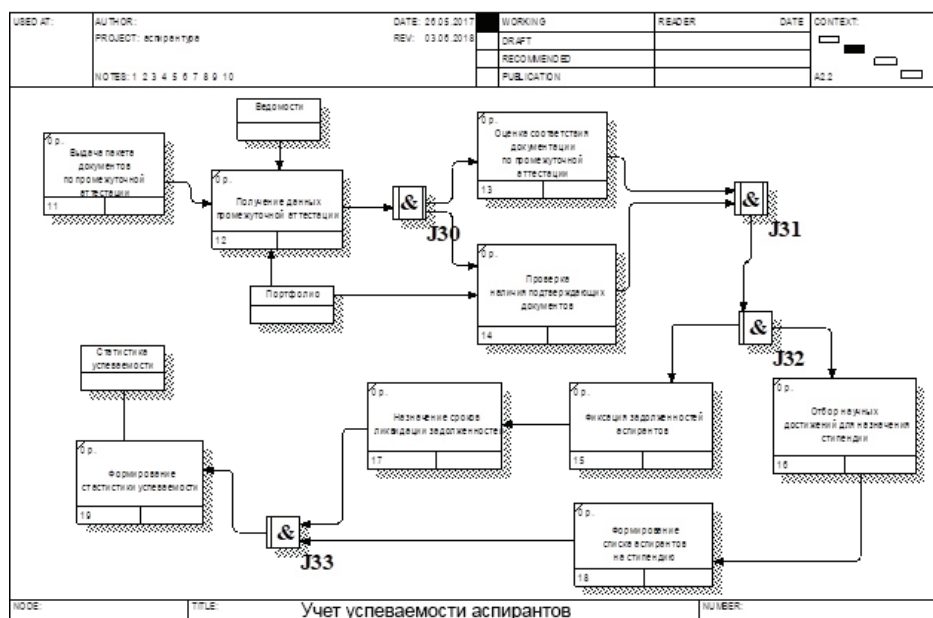


Рис. 2. Учет успеваемости аспирантов

циалы научно-исследовательской и учебной деятельности.

Также одной из достаточно серьезных проблем, выявленной в ходе анализа процесса проведения приемной кампании, можно считать назначение научных руководителей. Как видно из диаграммы потоков данных, информация о научных руководителях предоставляется извне и фиксируется в заявлении аспиранта. При обсуждении о назначении аспирантам кандидатур научных руководителей учитываются лишь формальные признаки.

Целевой проблемой процесса учета успеваемости (рис. 2) является качество контингента в динамике. Главной метрикой (показателем эффективности) является интегральный показатель обучающегося, который включает в себя потенциалы научно-исследовательской и учебной деятельности в динамике (в разрезе промежуточных аттестаций).

Были выделены факторы, определяющие недостаточное качество контингента:

- 1) небольшое число поступающих (низкая конкуренция);
- 2) недостаточное качество подготовки поступающих и обучающихся как к научно-исследовательской, так и к учебной деятельности;
- 3) отсутствие базового образования у аспиранта.

Проведен анализ информационных систем, автоматизирующих работу отдела аспирантуры, который показал, что большинство вузов автоматизирует работу аспирантуры в рамках стандартного функционала: учет поступающих, учет успеваемости, учет личных дел и движения контингента, оформление и печать дипломов [15]. Данные системы, будущими собственными разработками или готовыми программными продуктами, являются системами ввода,

хранения и обработки информации. Отличительная особенность информационных систем по ведению контингента аспирантов — разработка под правила и положения конкретного вуза.

Был проведен анализ показателей, определяющих потенциал контингента поступивших аспирантов на основе собранных статистических данных по поступающим в аспирантуру ОмГТУ за последние 4 года. Были проанализированы следующие показатели:

- 1) публикационная активность поступивших аспирантов в разрезе статуса публикаций;
- 2) научно-исследовательская активность поступивших аспирантов в разрезе статуса мероприятий;
- 3) публикационная активность научных руководителей в разрезе статуса публикаций;
- 4) активность научных руководителей по показателю количества выпускников и допущенных до защиты аспирантов за последние 4 года в сравнении с количеством отчисленных аспирантов за последние 4 года;
- 5) статистика по вступительным испытаниям;
- 6) статистика по промежуточной аттестации за каждые полгода в разрезе дисциплин.

На основании полученных результатов можно сделать вывод о том, что аспиранты, изначально имевшие публикации более высокого статуса, сдавшие вступительные и промежуточные испытания на положительные оценки, а также имевшие научных руководителей с высокой публикационной активностью и статистикой защит, успешно окончили аспирантуру с дипломом об окончании аспирантуры или же на данный момент являются допущенными к защите. Это позволяет определить показатели оценки потенциала поступающего и потенциала научного руководителя и вывести интегрированный показатель эффективности аспирантуры.

Предложена математическая модель оптимизационной задачи распределения [16] поступающих по научным руководителям с учетом потенциалов участников процесса.

Необходимо найти оптимальное распределение аспирантов между научными руководителями таким образом, чтобы эффективность этого распределения была максимальной.

Пусть  $i$  — вид достижения поступающего аспиранта,  $i = \overline{1, m}$ ;  $j$  — порядковый номер поступающего аспиранта,  $j = \overline{1, l}$ ;  $n_{ij}$  — количество достижений  $i$ -го вида у  $j$ -го аспиранта;  $k_i$  — коэффициент значимости достижения  $i$ -го вида.

Тогда потенциал научно-исследовательской деятельности  $j$ -го аспиранта можно оценить

$$Ps_j = \sum_{i=1}^m n_{ij} \cdot k_i.$$

Перечень видов достижений и коэффициенты их значимости разрабатываются путем оценок экспертной группы и строго регламентируются правилами приема в аспирантуру ОмГТУ. Перечень достижений может пересматриваться.

Пусть  $g$  — вид вступительного испытания, регламентированного правилами приема,  $g = \overline{1, p}$ ;  $r_{gi}$  — балл, полученный за  $g$ -тое вступительное испытание  $j$ -тым аспирантом;  $w_g$  — весовой коэффициент/приоритет  $g$ -го вступительного испытания.

Тогда потенциал учебной деятельности  $j$ -го аспиранта можно оценить

$$Pu_j = \sum_{g=1}^p r_{gj} \cdot w_g.$$

Весовые коэффициенты вступительных испытаний определяются вузом самостоятельно.

Данные показатели можно использовать для оценки динамики учебной и научно-исследовательской деятельности аспиранта.

Интегрированный показатель потенциала аспиранта можно определить следующим образом:

$$P_j = Ps_j^{y_1} \cdot Pu_j^{y_2},$$

где  $y_1, y_2$  — весовые коэффициенты, которые могут быть определены экспертным путем.

Подобным образом определяется интегрированный показатель потенциала научного руководителя.

Пусть  $h$  — вид научного достижения потенциального научного руководителя,  $h = \overline{1, m}$ ;  $q$  — порядковый номер потенциального научного руководителя,  $q = \overline{1, e}$ ;  $n_{hq}$  — количество достижений  $h$ -го вида у  $q$ -го руководителя;  $k_h$  — коэффициент значимости достижения  $h$ -го вида.

Тогда потенциал научно-исследовательской активности  $q$ -го руководителя можно оценить

$$Ps_q = \sum_{h=1}^m n_{hq} \cdot k_h.$$

Перечень видов достижений и коэффициенты их значимости разрабатываются путем оценок экспертной группы и строго регламентируются положением о рейтинговой оценке ОмГТУ. Перечень достижений и их значимость может пересматриваться.

Пусть  $d$  — количество поступивших аспирантов к  $q$ -ому руководителю за последние  $v$  лет;  $d_z$  — количество допущенных к защите и успешно защитивших научный доклад аспирантов у  $q$ -го руководителя за последние  $v$  лет.

Тогда эффективность научного руководителя, с точки зрения выпуска аспирантов, можно оценить

$$Pd_q = d_z/d.$$

Интегрированный показатель потенциала научного руководителя можно определить следующим образом:

$$P_q = \alpha_1 Ps_q + \alpha_2 Pd_q,$$

где  $\alpha_1, \alpha_2$  — весовые коэффициенты, которые могут быть определены экспертным путем.

Пусть  $x_{jq}$  — решение о назначении  $j$ -му аспиранту  $q$ -го научного руководителя в рамках направленности,  $j = \overline{1, l}$ ,  $q = \overline{1, e}$ .

$$x_{jq} = \begin{cases} 0, & \text{если } q\text{-ый руководитель} \\ & \text{не назначен } j\text{-му аспиранту} \\ 1, & \text{если } q\text{-ый руководитель} \\ & \text{назначен } j\text{-му аспиранту} \end{cases}$$

Необходимо учесть ограничения:

- 1) одному аспиранту может быть назначен только один руководитель;
- 2) один научный руководитель может взять не более  $b$  аспирантов,  $b = \overline{1, s}$ .

Тогда общую эффективность от распределения  $e$  научных руководителей по  $l$  аспирантам можно выразить с помощью целевой функции, представ-

ленной ниже. Математическая модель выбора будет иметь вид

$$F = \sum_{j=1}^l \sum_{q=1}^e P_q \cdot P_j \cdot x_{jq} \rightarrow \max$$
$$\begin{cases} x_{j1} + \dots + x_{je} = 1 \\ x_{1q} + \dots + x_{lq} \leq b_q \\ x_{jq} \geq 0, x_{jq} \in \{0, 1\}, j = \overline{1, l}, q = \overline{1, e}. \end{cases}$$

На основании разработанной модели были предложены требования к программной реализации экспертной системы по распределению руководителей и поступающих [17]. Поскольку стандартные функции работы сотрудников отдела аспирантуры реализованы в информационной системе «Галактика. Управление вузом», а процедура ведения приемной кампании аспирантуры никак не автоматизирована, предлагается создание специального программного модуля, который бы позволял проводить приемную кампанию по отбору и зачислению поступающих, производить оптимальное распределение поступающих аспирантов по потенциальным научным руководителям в рамках одной направленности, отслеживать динамику показателей аспирантов и научных руководителей во времени с помощью метода анализа иерархий.

Данный программный модуль должен отвечать следующим требованиям:

1. Ведение контингента поступающих и зачисленных:

1.1. Создание личных карточек;

1.2. Внесение данных об индивидуальных достижениях;

1.3. Внесение данных о вступительных экзаменах;

1.4. Хранение истории поступающего/поступившего;

1.5. Построение иерархических списков по показателям: научно-исследовательский и учебный потенциал (с распределением по местам);

2. Ведение контингента потенциальных и действующих научных руководителей:

2.1. Создание личных карточек;

2.2. Внесение данных о научных достижениях;

2.3. Внесение данных по защитам научных докладов;

2.4. Построение ранжированных списков по показателям научно-исследовательской деятельности и защиты;

3. Построение отчетности по оптимальному распределению поступающих и научных руководителей в рамках направленности.

Таким образом, предполагается разработка и внедрение экспертной системы по оптимальному распределению поступающих и потенциальных руководителей с учетом выведенных показателей потенциалов участников процесса обучения в аспирантуре.

#### Библиографический список

1. Даненова Г. Т., Сейдыгалимов С. С. Информационные технологии управления учебным процессом // Международный журнал экспериментального образования. 2015. № 4 (2). С. 331–335.

2. Ильченко О. А. Стандартизация новых образовательных технологий // Высшее образование в России. 2006. № 4. С. 42–47.

3. Байденко В. И., Селезенева Н. А. Из истории становления европейской докторской степени // Высшее образование в России. 2010. № 8/9. С. 99–116.

4. Бедный Б. И., Миронос А. А., Балабанов С. С. Экспертные оценки системы подготовки научных кадров в аспирантуре // Вестник Нижегородского университета. 2007. № 2. С. 28–35.

5. Выскуб В. Г. Российская общественно-государственная система аттестации научных и научно-педагогических кадров высшей квалификации. М.: Логос, 2005. 254 с. ISBN 5-9870401-3-2.

6. Гуртов В. А., Пенние И. В., Мелех Н. В. Анализ деятельности системы аспирантуры как основного института подготовки кадров высшей научной квалификации // Университетское управление: практика и анализ. 2011. № 2 (72). С. 64–70.

7. Дежина Е. Г. Основные направления реформ в Российской науке: цели и результаты // Информационное общество. 2006. № 2. С. 50–56.

8. Егоров С. В. Модернизация интеллектуально-кадрового потенциала науки и высшего образования: вопросы инфраструктуры // Научно-исследовательские исследования: сб. науч. тр. / ИНИОН РАН, Центр науч.-информ. исслед. по науке, образованию и технологиям; отв. ред. А. И. Ракитов. М., 2003. С. 98–143. ISBN 5-248-00190-0.

9. Петров В. Ю., Кузнецова Т. А., Пахомов С. И. Направления и задачи модернизации системы послевузовской подготовки // Университетское управление: практика и анализ. 2009. № 4. С. 6–12.

10. Ромашкова О. Н., Ермакова Т. Н. Методика выбора информационной модели для оценки показателей качества обучения // Вестник Российского университета дружбы народов. Сер. Информатизация образования. 2015. № 2. С. 14–20.

11. Вендров А. М. Проектирование программного обеспечения экономических информационных систем. М.: Финансы и статистика, 2002. 352 с.

12. Кравченко К. В., Ахременко В. В. Анализ изменений законодательства России в сфере подготовки кадров высшей квалификации // Наука, образование, производство: сб. ст. II Междунар. науч.-техн. конф., 06–08 октября. Брянск, 2015. С. 96–98.

13. Ермакова Т. Н., Ромашкова О. Н. Повышение эффективности управления информационными потоками в образовательном комплексе // Вестник РГРТУ. 2016. № 57. С. 82–87. DOI: 10.21667/1995-4565-2016-57-3-82-87.

14. Пономарева Л. А., Голосов П. Е. Разработка математической модели учебного процесса в вузе для повышения качества образования // Фундаментальные исследования. 2017. № 2. С. 77–81.

15. Вендров А. М. CASE-технологии: современные методы и средства проектирования информационных систем. М.: Финансы и статистика, 1998. 176 с.

16. Мадера А. Г. Математическое моделирование и оптимизация бизнес-процессов на основе комплексного критерия «шансы – риски» // Российский журнал менеджмента. 2015. Т. 13, № 4. С. 51–68.

17. Ромашкова О. Н., Ермакова Т. Н. Алгоритм работы с модулем «Учебная деятельность» управленческой информационной системы для образовательного комплекса // Исследование различных направлений современной науки: материалы VIII Междунар. науч.-практ. конф. М., 2016. С. 917–924.

**БОЯРКИН Геннадий Николаевич**, доктор экономических наук, профессор (Россия), заведующий кафедрой «Математические методы и информационные технологии в экономике».

SPIN-код: 2262-9848

AuthorID (РИНЦ): 776216

Адрес для переписки: boyargn@yandex.ru

**КРАВЧЕНКО Ксения Владимировна**, старший преподаватель кафедры «Математические методы и информационные технологии в экономике».

SPIN-код: 1851-6858

AuthorID (РИНЦ): 243244

Адрес для переписки: trr474747@mail.ru

**ШЕВЕЛЕВА Ольга Геннадьевна**, старший преподаватель кафедры «Математические методы и информационные технологии в экономике».

SPIN-код: 8060-6060

Адрес для переписки: osh\_a@mail.ru

Для цитирования

Бояркин Г. Н., Кравченко К. В., Шевелева О. Г. Системный подход в планировании и управлении бизнес-процессами подготовки кадров высшей квалификации // Омский научный вестник. 2018. № 6 (162). С. 211–216. DOI: 10.25206/1813-8225-2018-162-211-216.

Статья поступила в редакцию 27.10.2018 г.

© Г. Н. Бояркин, К. В. Кравченко, О. Г. Шевелева

УДК 004.942

DOI: 10.25206/1813-8225-2018-162-216-219

**А. А. МАГАЗЕВ**  
**А. С. МЕЛЬНИКОВА**

Омский государственный  
технический университет,  
г. Омск

## ПОСТРОЕНИЕ ОБЛАСТИ БЕЗОПАСНОСТИ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ МЕТОДОМ ДИНАМИКИ СРЕДНИХ

В работе рассматривается модель информационной системы, каждый элемент которой подвергается пуассоновским потокам угроз безопасности. С помощью теории марковских процессов описывается усредненная динамика системы. Конструируется область значений внутренних параметров модели, при которых число вышедших из строя элементов не превысит заданный порог за определенное время.

**Ключевые слова:** марковский процесс, пуассоновский поток, метод динамики средних, область безопасности.

**Введение.** С активным развитием IT-индустрии связано появление новых типов информационных угроз и уязвимостей компьютерных систем, поэтому информационная безопасность является бурно развивающейся областью информационных технологий. Одна из проблем, с которой часто сталкиваются при построении надежных систем защиты информации, — это повышенные материальные и временные затраты, связанные с проведением натурных испытаний. Приемлемой альтернативой является математическое моделирование, так как затраты на исследование здесь сравнительно невелики, существует возможность изучения долговременного поведения модели, а также отсутствует риск навредить реальной системе.

Так как информационные угрозы носят преимущественно вероятностный характер, при моделировании целесообразно применение теории случайных процессов. Особо плодотворным в решении задач информационной безопасности является применение *марковских процессов*. Действительно, моделирование процессов распространения компьютерных вирусов [1], оптимизация и повышение надежности защищенных информационных систем [2, 3], обнаружение вторжений в компьютерных системах и вычислительных сетях [4, 5], обнаружение кибер-атак в компьютерных сетях [6] — вот дале-

ко не полный перечень задач, которые решаются с помощью подобных моделей. В последнее время в компьютерной вирусологии и криптографии также нашли применение так называемые *скрытые марковские модели* [7–9].

В настоящей работе представлен способ моделирования информационной системы (ИС), состоящей из большого числа однородных элементов, методом динамики средних. В рамках моделируемой ИС состояние каждого элемента описывается марковской моделью, предложенной в работах А. П. Росенко [10, 11].

В статье [12] данная модель была исследована более углубленно. В частности, на ее основе была сформулирована оптимизационная задача о выборе комплекса средств защиты информации [13]. В настоящей работе мы используем данную модель для описания усредненной динамики ИС, состоящей из большого числа однородных элементов и подвергающейся пуассоновским потокам угроз. С помощью системы дифференциальных уравнений, являющихся результатом усреднения уравнений Колмогорова, мы конструируем и исследуем так называемую *область безопасности системы*, определяемую как область значений внутренних параметров модели, при которых система функционирует заданное время.