

На правах рукописи



НИКОЛАЕВА ДАРЬЯ РОМАНОВНА

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОЦЕНИВАНИЯ
ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ СТУДЕНТОВ
В СИСТЕМЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**Специальность 05.13.18 – Математическое моделирование,
численные методы и комплексы программ**

АВТОРЕФЕРАТ

**диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук**

Тюмень – 2017

Работа выполнена на кафедре автомобильного транспорта, строительных и дорожных машин Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тюменский индустриальный университет»

Научный руководитель: доктор физико-математических наук, профессор
Борzych Владимир Эрнестович

Официальные оппоненты: **Павлова Зухра Хасановна,**
доктор технических наук, доцент, Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение высшего образования «Уфимский государственный нефтяной технический университет», декан факультета автоматизации технологических процессов

Махныткина Олеся Владимировна,
кандидат технических наук, доцент, Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение высшего образования «Алтайский государственный университет», доцент кафедры прикладной информатики в экономике, государственном и муниципальном управлении

Ведущая организация: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина»

Защита состоится 20 июня 2017 г. в 14-00 часов на заседании диссертационного совета Д 212.274.14 при ФГАОУ ВО «Тюменский государственный университет» по адресу 625003, г. Тюмень, ул. Перекопская, 15А, ауд. 410.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГАОУ ВО «Тюменский государственный университет» и на сайте <https://diss.utmn.ru/sovet/diss-sovet-212-274-14/zashchita/303172/>.

Автореферат разослан «_____» _____ 2017 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



Е. А. Оленников

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. В настоящее время профессиональная подготовка студентов проводится на основе Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО), определяющих требования к результатам освоения основных образовательных программ (ООП) в терминах компетентностного подхода. В основе этих требований лежит идея о переходе к оценке уровня подготовки студента высшего учебного заведения в форме измерения компетенций, что в свою очередь, неизбежно предполагает разработку нового измерительного инструментария.

Вопросы, посвященные оцениванию профессиональной компетентности обучающихся, рассмотрены в работах таких авторов, как В. А. Байденко, В. И. Байденко, В. А. Болотова, И. А. Зимняя, Р. П. Мильруд, Ю. Г. Татур, В. Хутмакера, А. В. Хуторского, L. M. Spencer, S. Whiddett, P. D. Ashworth и др. Проблема оценки компетенций и организации контроля, в том числе с применением автоматизированных систем, нашла отражение в работах В. С. Аванесова, Э. М. Аскерова, В. Ю. Бодрякова, И. Б. Герасимовой, Л. В. Зайцевой, И. Н. Елисеева, О. В. Махныткиной, И. В. Сибикиной и т. д. Взаимозависимость и взаимообусловленность окружающего мира позволяет находить аналогии в процессах и объектах, различных по своей природе. Пример тому – знаменитая аналогия Рейнольдса. Работы А. И. Ракитова, Р. Л. Акофф, К. Э. Шеннон и других авторов еще больше подтверждают эту мысль. Теория размерностей дает хороший инструмент для установления математических закономерностей между основными величинами, составляющими базовую часть в виде мультипликативного закона. К сожалению, в содержании перечисленных и других научных работ отсутствует представление о математической модели, позволяющей произвести дифференцированный расчет, соответствующий требованиям ФГОС ВО и ООП для всех направлений, определить уровень сформированности профессиональных компетенций.

Процесс оценивания профессиональных компетенций требует высокой квалификации специалистов, участвующих в процессе экспертного оценивания, и большого количества операций, связанных с обработкой данных об обучающихся, вычислением уровня сформированности компетенций, визуализацией полученных результатов. Это обуславливает необходимость разработки программного

комплекса, позволяющего, с одной стороны, упростить производимые вычисления и с другой, создать удобный инструментарий для анализа полученных результатов при принятии управленческих решений о повышении качества подготовки обучающихся.

Объект исследования – процесс оценивания профессиональных компетенций обучающихся по программам ФГОС ВО на основе построенной математической модели.

Предмет исследования – математическая модель и алгоритмы оценивания качества подготовки выпускников высших профессиональных учебных заведений на основе формирования профессиональных компетенций.

Цель исследования состоит в разработке метода математического моделирования оценивания, основанного на методе аналогий; математической модели, реализующий этот метод; комплекса программ, сопровождающих метод и модель.

Для достижения поставленной цели исследования в диссертации решаются следующие **задачи**:

- исследование существующих подходов в области разработки методов и моделей, позволяющих дать оценку компетенциям;
- математическое моделирование многокомпонентной оценки сформированности профессиональных компетенций;
- разработка и программная реализация методов вывода оценки сформированности профессиональной компетенции выпускника ВУЗа;
- апробация предложенного метода математического моделирования оценивания профессиональных компетенций в образовательном процессе.

Методы исследования основаны на методологии физического, математического и компьютерного моделирования. Для решения поставленных задач исследования в работе использовались: метод экспертной оценки, метод анкетирования, теория алгоритмов, теория графов, метод анализа размерностей, статистические методы.

Научная новизна и теоретическая значимость. В процессе проведения исследования получены новые научные результаты:

- *в области математического моделирования*

- предложен новый оригинальный математико-кибернетический подход построения модели оценивания профессиональных компетенций, основанный на аналогии анализа размерностей;
- на основе этого подхода разработана математическая модель многокомпонентного оценивания профессиональных компетенций;
- *в области численных методов*
 - разработана методика расчета исходных данных и параметров математической модели оценивания профессиональных компетенций, аналитического выражения модели на основе метода анализа размерностей;
- *в области создания и реализации комплекса программ*
 - впервые разработан алгоритм, реализующий аналитическое выражение оценивания профессиональных компетенций на основе аналогий анализа размерностей;
 - создан и апробирован программный комплекс, предназначенный для программно-технологической поддержки оценивания полученных результатов;
 - проведено имитационное исследование численной комплексной оценки профессиональных компетенций на примере направления подготовки «Информатика и вычислительная техника».

Основные положения, выносимые на защиту. На защиту выносятся следующие основные результаты и положения, соответствующие трем пунктам паспорта специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ по техническим наукам:

Пункт 1. Разработка новых математических методов моделирования объектов и явлений.

Метод построения математической модели многокомпонентной оценки формирования профессиональных компетенций, основанный на аналогии анализа размерностей.

Пункт 2. Развитие качественных и приближенных аналитических методов исследования математических моделей.

Алгоритм, реализующий подготовку исходной информации для разработанного впервые метода аналитического представления математической модели оценивания профессиональных компетенций на основе аналогий анализа размерностей.

Пункт 7. Разработка новых математических методов и алгоритмов интерпретации натурального эксперимента на основе его математической модели.

Алгоритм, вычислительная процедура и программная реализация методов вывода численной оценки профессиональных компетенций на примере направления подготовки «Информатика и вычислительная техника».

Практическая значимость работы заключается в возможности имитационного многокомпонентного оценивания результатов обучения выпускника вуза с дальнейшим прогнозированием динамики развития профессиональной компетентности. Практическая ценность и новизна подтверждаются также тем, что на основе предложенного метода разработан программный комплекс, предназначенный для программно-технологического обеспечения процесса оценивания профессиональных компетенций.

Апробация результатов работы. Основные результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на следующих конференциях и семинарах: Всероссийской научно-методической конференции «Проблемы реализации компетентностного подхода в российском профессиональном образовании» (Тюмень, 2010 г.); XIV Международном научном симпозиуме «Проблемы геологии и освоения недр» (Томск, 2010 г.); Всероссийской научно-методической видеоконференции «От инноваций к качеству образования» (Тюмень, 2010 г.); Всероссийской научно-методической конференции «Актуальные проблемы реализации образовательных стандартов нового поколения в условиях университетского комплекса» (Оренбург, 2011 г.); XVI Международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы современной науки» (Таганрог, 2012 г.); итоговых конференциях аспирантов и молодых ученых Института геологии и нефтегазодобычи ТюмГНГУ и Института проблем освоения Севера (Тюмень, 2012-2014 гг.); Всероссийской научно-практической конференции «Математика и информационные технологии в естественно-научном образовании» (Тюмень, 2014 г.)

Публикации. Основные теоретические и практические результаты диссертации опубликованы в 18 работах, в числе которых 4 статьи в журналах, рекомендованных ВАК РФ, 13 тезисов и докладов на конференциях различного уровня, одна зарегистрированная программа.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав с выводами, заключения; изложена на 133 страницах машинописного текста, включает 23 рисунка, 17 таблиц, 4 приложения и содержит список литературы из 109 наименований.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность работы, сформулированы цели и задачи исследования, определена научная новизна и практическая значимость результатов работы.

В первой главе проведен обзор существующих подходов, задач и методов моделирования оценки профессиональных компетенций. В контексте данного исследования *профессиональная компетенция* рассматривается как комплексный интегрированный показатель, характеризующий профессиональный уровень будущих выпускников, заключающийся в сочетании необходимых знаний, умений, опыта, ответственности и других личностных качеств; а *оценивание профессиональных компетенций* – как результат оценки сформированности их компонентов, представленных в виде усвоенных студентом «знаний-умений-владений» и личностных профессионально значимых сформированных мотивационных показателей, характеризующих готовность студента к реализации профессиональных функций.

Вторая глава посвящена концептуальному моделированию системы оценивания профессиональных компетенций выпускника вуза. Процесс разработки многокомпонентной математической модели оценивания профессиональных компетенций студентов заключается в последовательном формировании оценки, которое состоит из двух этапов: прямой ход и обратный ход.

На *первом этапе* (подготовительном) выполняется разработка компетентностно-дисциплинарной модели, определяющей взаимосвязь

компетентностной модели выпускника и компетентностно-ориентированной образовательной программы на основе ФГОС ВО (рисунок 1).

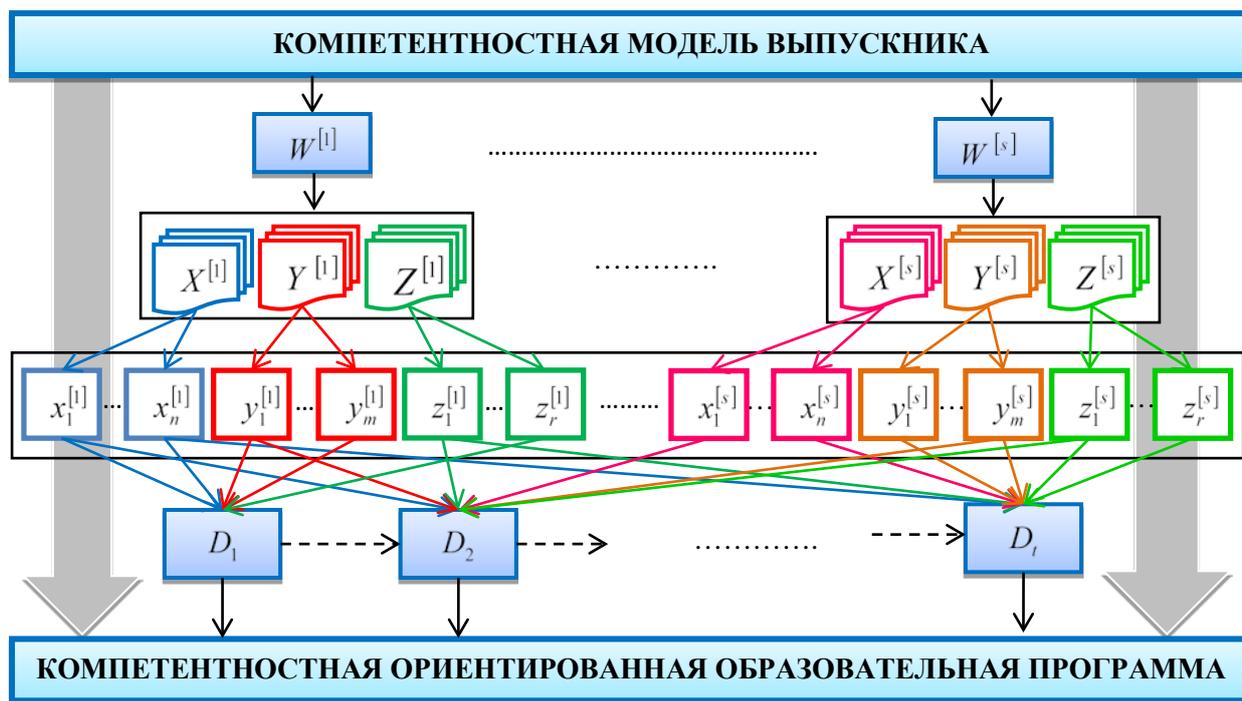


Рисунок 1 – Компетентностно-дисциплинарная модель

Компетентностная модель выпускника определяет набор профессиональных компетенций $W = \{W^{[i]}, (i = \overline{1:s})\}$, которыми студент должен овладеть в процессе обучения. Каждая профессиональная компетенция $W^{[i]} = \{X^{[i]}, Y^{[i]}, Z^{[i]}\}$ состоит из множеств «знаний» $X^{[i]} = \{x_1^{[i]}, \dots, x_n^{[i]}\}$, «умений» $Y^{[i]} = \{y_1^{[i]}, \dots, y_m^{[i]}\}$, «владений» $Z^{[i]} = \{z_1^{[i]}, \dots, z_r^{[i]}\}$, которые, в свою очередь, задают структуру изучаемых дисциплин $D = \{D_j\}, (j = \overline{1:t})$. Упорядоченное множество всех дисциплин направления определяет содержание компетентностно-ориентированной образовательной программы.

Предлагаемая модель дает возможность представить структуру процесса формирования профессиональных компетенций и дисциплин в системе образования через взаимосвязь их компонентов – «знаний-умений-владений».

Второй этап моделирования многокомпонентной математической модели оценивания профессиональных компетенций определяется как «обратный ход» и состоит из трех ступеней.

Первая ступень – сбор и подготовка исходной информации о результатах учебных достижений студента за весь период обучения, включая результаты

творческой, интеллектуальной, научно-исследовательской и других видов деятельности.

Вторая ступень моделирования процесса оценивания заключается в разработке методики численной оценки компонентов математической модели, определяющих интегральную оценку профессиональных компетенций, а именно:

- степени участия каждой дисциплины в формировании отдельно взятой компетенции;
- суммарной оценки по дисциплинам, формирующим профессиональные компетенции;
- расчета весовых коэффициентов факторов, определяющих личностные качества студента на основе экспертной оценки;
- суммарной оценки личностных качеств студента и его профессиональной мотивации.

На третьей ступени моделирования определяются:

- метод построения математической модели оценивания профессиональных компетенций;
- интерпретация результатов моделирования (выполняется проверка на адекватность и качество модели с помощью соответствующего инструмента, осуществляется анализ и визуализация полученных данных, даются рекомендации по корректировке процесса формирования компетенций).

В **третьей главе** решена основная задача исследования: в соответствии с концепцией математического моделирования на основании анализа специфики оцениваемых компетенций разработана многокомпонентная математическая модель оценивания профессиональных компетенций выпускников вуза.

Анализ существующих подходов к оценке профессиональных компетенций, многокомпонентность их содержания и междисциплинарный характер понятия профессиональной компетенции позволили выявить *обобщенную многокомпонентную математическую модель оценивания профессиональной компетенции*, результат которой определяют: общие оценки за учебные достижения студента; оценки его личностных качеств; оценки профессиональной мотивации к обучению, что полностью соответствует требованиям ФГОС ВО:

$$\overline{W}_T^{[i]} = f(\overline{\phi}_T^{[i]}, \overline{\sigma}_T^{[i]}, \overline{\theta}_T), \quad (i = \overline{1:s}, T = const), \quad (1)$$

где: $\overline{W}_T^{[i]}$ – общая оценка i -й профессиональной компетенции в T -м периоде;

$\overline{\phi}_T^{[i]}$ – общая оценка учебных достижений для i -й профессиональной компетенции в T -м периоде;

$\overline{\sigma}_T^{[i]}$ – общая оценка личностных качеств для i -й профессиональной компетенции в T -м периоде;

$\overline{\theta}_T$ – общая оценка профессиональной мотивации для i -й профессиональной компетенции в T -м периоде.

Первый аргумент – оценка результатов учебной деятельности студента – представляет собой свертку частных оценок-компонентов профессиональной компетенции, которые изучаются и измеряются в разных дисциплинах, определенных компетентностно-ориентированной образовательной программой (КООП) направления, формирующих измеряемую профессиональную компетенцию:

$$\begin{cases} \overline{\phi}_T^{[i]} = \sum_{j=1}^t \overline{\phi}_{D_j}^{[i]}, (j = \overline{1:t}, i = \overline{1:s}), \\ \overline{\phi}_{D_j}^{[i]} = \sum_{k=1}^a \alpha_k^{[i]} x_{jk}^{[i]} + \sum_{k=1}^b \beta_k^{[i]} y_{jk}^{[i]} + \sum_{k=1}^c \gamma_k^{[i]} z_{jk}^{[i]}, \\ \alpha_k^{[i]} = \frac{q(x)_k^{[i]}}{t}, \beta_k^{[i]} = \frac{q(y)_k^{[i]}}{t}, \gamma_k^{[i]} = \frac{q(z)_k^{[i]}}{t}, \end{cases} \quad (2)$$

где $\overline{\phi}_{D_j}^{[i]}$ – оценка совокупности компонентов «знания – умения – владения» по j -ой дисциплине, участвующей в формировании i -ой профессиональной компетенции;

$\overline{\phi}_{\max}$ – максимальная оценка всех результатов учебной деятельности студента;

$\alpha_k^{[i]}, \beta_k^{[i]}, \gamma_k^{[i]}$ – коэффициенты значимости компонент «знания – умения – владения» j -ой дисциплины, участвующей в формировании i -ой профессиональной компетенции;

$x_{jk}^{[i]}, y_{jk}^{[i]}, z_{jk}^{[i]}$ – оценка соответствующих компонент «знания – умения – владения»

j -ой дисциплины, участвующей в формировании i -ой профессиональной компетенции;

$q(x)_k^{[i]}, q(y)_k^{[i]}, q(z)_k^{[i]}$ – количество дисциплин, участвующих в формировании соответствующих компонент «знания–умения–владения» i -ой профессиональной компетенции;

t – количество всех дисциплин, определенных КООП;

s – количество всех профессиональных компетенций направления;

a, b, c – количество компонент оценивания j -ой дисциплины;

τ – количество дисциплин, формирующих i -ую профессиональную компетенцию.

Коэффициент значимости компонентов, определяемый как отношение количества дисциплин, формирующих данный компонент, к числу всех дисциплин, определенных КООП, вводится в расчетную формулу (2), чтобы придать большую значимость компонентам, формируемым с участием большего количества дисциплин.

Второй аргумент – оценка личностных качеств студента. При компетентностном подходе развитие личностных качеств студента выступает обязательным условием и результатом успешного формирования профессиональных компетенций, поэтому их оценка является обязательной составляющей при оценивании профессиональных компетенций и рассматривается в математической модели оценивания как один из аргументов функции оценки профессиональных компетенций.

Оценка как личностных качеств студента, так и его учебных достижений является экспертной оценкой и осуществляется непосредственно в процессе обучения. Кроме профессорско-преподавательского состава, в качестве экспертов могут выступать лица, ответственные за различные виды деятельности (творческую, интеллектуальную, научно-исследовательскую и др.).

Алгоритм оценки личностных качеств студента состоит из следующих подготовительных этапов:

1. Среди представленного множества качеств личности необходимо выбрать наиболее значимые.

2. Определить компетентность экспертов.

3. Определить коэффициенты значимости выбранных качеств.

4. Подготовить исходную информацию о результатах внеучебной деятельности студента.

5. Выполнить расчет общей оценки личностных качеств студента для профессиональной компетенции в определенном учебном периоде:

$$\left\{ \begin{array}{l} \overline{\sigma}_T^{[i]} = \frac{1}{\tau} \sum_{j=1}^{\tau} \sum_{k=1}^l \psi_k \overline{F}_{jk}^{[i]}, \quad (i = \overline{1:s}, j = \overline{1:\tau}, k = \overline{1:l}), \\ \Psi^{(N)} = Y \cdot H^{(N-1)}, \\ H^{(N)} = \frac{1}{\lambda^{(N)}} Y' \cdot \Psi^{(N)}, \\ \lambda^{(N)} = |Y' \cdot \Psi^{(N)}|, \end{array} \right. \quad (3)$$

где: $\overline{F}_{jk}^{[i]}$ – оценка факторов, характеризующих личностные качества студента, формирующих i -ю профессиональную компетенцию в T -м периоде;

$\Psi^{(N)} = (\psi_k)$ – матрица-столбец коэффициентов значимости факторов n -й итерации;

$Y = (v_{ij})$ – матрица индивидуальных весов факторов (экспертная оценка);

Y' – транспонированная матрица индивидуальных весов факторов;

$H^{(N)}$ – матрица-столбец компетентности экспертов после n итераций;

$\lambda^{(N)}$ – модуль вектора компетентности экспертов (нормирующий множитель);

τ – количество дисциплин, формирующих i -ю профессиональную компетенцию;

l – количество оцениваемых факторов.

Третий аргумент в многокомпонентной математической модели оценивания профессиональных компетенций – это *оценка профессиональной мотивации студента к будущей профессиональной деятельности*. Самый простой анализ профессиональной мотивации студента, проведенный своевременно, и вовремя принятые меры ее повышения могут повлиять на процесс обучения, а соответственно, и на развитие и формирование профессиональных компетенций.

Существует множество различных методик диагностики мотивации профессиональной деятельности. Наиболее известной является методика Замфира, в основу которой положена концепция о внутренней и внешней мотивации. На основании положений данной методики в диссертации адаптирована теоретико-множественная модель оценивания профессиональной мотивации студентов:

$$\Theta = \left\{ \Theta^{[BM, BПМ, BOM]}, \overline{\theta}_T^{[BM]}, \overline{\theta}_T^{[BПМ]}, \overline{\theta}_T^{[BOM]}, T \right\}, \quad (4)$$

где: $\Theta^{[BM, ВПМ, ВОМ]} = \{\theta_\eta\}, (\eta = \overline{1: g})$ – множество вопросов анкеты, направленных на выявление внутренней, внешней положительной, внешней отрицательной мотивации студента к будущей профессиональной деятельности;

$\bar{\theta}_T^{[BM]}$ – оценка внутренней мотивации студента;

$\bar{\theta}_T^{[ВПМ]}$ – оценка внешней положительной мотивации;

$\bar{\theta}_T^{[ВОМ]}$ – оценка внутренней отрицательной мотивации;

T – учебный период (год, семестр и т. д.);

$\bar{\theta}_T^{[BM]} \geq \bar{\theta}_T^{[ВПМ]} > \bar{\theta}_T^{[ВОМ]}$ – условие оценивания профессиональной мотивации;

$0 \leq \bar{\theta}_T^{[BM]} \leq 1$ – интервал оценки профессиональной мотивации

$\bar{\theta}_T^{[BM, ВПМ, ВОМ]} = \sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^n \xi_{ij} \rightarrow \max$ – критерий оценивания профессиональной

мотивации;

$\bar{\theta}_T = \bar{\theta}_T^{[BM]}$ – общая оценка профессиональной мотивации в T-ом учебном периоде;

$\xi_{ij}, (i = \overline{1: 5}, j = \overline{1: n})$ – мера оценки ответов в анкете.

Таким образом, задача оценивания уровня сформированности профессиональных компетенций студента сводится к поэтапному представлению результатов учебной и других видов деятельности, а математическая модель оценивания профессиональных компетенций представляет собой интегральную оценку результатов учебной деятельности студента с учетом его индивидуальных личностных и мотивационных характеристик.

Разработанная многокомпонентная математическая модель оценивания компетенций является инструментом управления образовательной деятельностью в процессе изменения набора компетенций. Процесс управления образовательной деятельностью заключается в определении результатов обучения студентов, на основе которых вырабатывается управляющее воздействие, а анализ полученных данных позволяет корректировать дальнейшие действия по улучшению учебной деятельности как со стороны студента, так и со стороны экспертов. На рисунке 2 представлена схема управления процессом учебной деятельности, где в качестве объекта управления выступает студент, роль управляющего органа отведена системе учебно-образовательной деятельности. Блок обратной связи предназначен для определения результатов учебной деятельности студента, где

$s_0 = s(X_0, Y_0, Z_0)$ – входной параметр – вектор начальных (минимально-необходимых) знаний студента; W – выходной параметр, результат учебной деятельности, набор сформированных профессиональных компетенций; F^* – вектор текущих внутренних параметров объекта управления (студента), определяющихся как личностные характеристики, способствующие повышению развития его всесторонней деятельности в образовательном процессе; Θ – вектор возмущающих воздействий, профессиональная мотивация к будущей профессиональной деятельности студента; $V = (s_0, \delta, P)$ – вектор управляющих воздействий; $P = (V, F^*, W)$ – вектор, представляющий результат распознавания и анализа исходных параметров; δ – вектор, определяющий результаты учебных достижений на момент их измерения (оценивания).

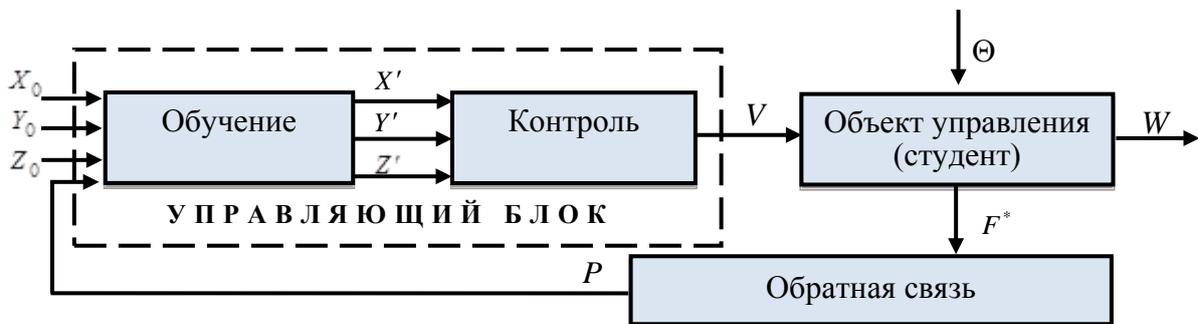


Рисунок 2 – Схема управления процессом учебной деятельности студента

На основе представленной схемы описана модель управления формированием и оцениванием профессиональных компетенций в процессе образовательной деятельности:

$$S = \{\Theta, V, W, P, \delta, \lambda, s_0\}, \quad (5)$$

где $s_0 = s(X_0, Y_0, Z_0)$ – входной параметр (начальное состояние «знания–умения–владения»); $\delta = \delta(X', Y', Z')$ – функция переходов (текущие «знания–умения–владения»); $\lambda = \lambda(W)$ – функция выходов.

Таким образом, процесс формирования профессиональных компетенций можно представить в виде замкнутого цикла управления, который состоит из

объекта управления, управляющего органа и обратной связи, выполняющей функцию распознавания и анализа результатов учебной деятельности студента.

Разработанная многокомпонентная математическая модель оценивания профессиональных компетенций описывается тремя определяющими величинами – покомпонентной оценкой учебных достижений студента ($\bar{\phi}_T^{[i]}$), оценкой личностных характеристик студента ($\bar{\sigma}_T^{[i]}$), оценкой профессиональной мотивации студента ($\bar{\theta}_T$) и одной определяемой – оценкой профессиональной компетенции ($\bar{W}_T^{[i]}$). Требуется установить функциональную зависимость между параметрами модели. Для получения указанной зависимости использован оригинальный подход «условного» моделирования, основанный на аналогии анализа размерностей, который заключается в замещении модели-оригинала по определенной договоренности экспертной группы, приписанной этой модели, условной моделью. Данный подход к моделированию процесса оценивания профессиональных компетенций позволяет решать такие задачи, как рассмотрение рациональных путей постановки опытов и обработка полученных экспериментальных данных для вывода обобщённых расчетных зависимостей.

Интуитивное моделирование допускает в качестве «условной» модели принять идеальную физическую модель механической системы, где аналогия анализа размерностей позволит восстановить функциональную зависимость между размерными величинами. Подобие рассматриваемых систем определяет «похожая» размерность их величин. Физические величины механической системы имеют размерность, выраженную в виде трех основных величин: масса, время, длина. Компоненты системы оценивания профессиональных компетенций, в частности, оценка учебных достижений, могут быть описаны в тех же терминах размерных величин. Основанием для предположения являются работы таких ученых, как А. И. Ракитов, Р. Л. Акофф, К. Э. Шеннон и другие. Профессор Ракитов А. И. ввел понятие «информационная эпистемология», т. е. информационная наука о знаниях, где рассматривается, обосновывается и доказывается связь знаний и информации, которая отражена в модели DIKW (Data → Information → Knowledge → Withdom). Акофф Р. Л. установил взаимосвязь элементов DIKW-модели в величинах *массы*. Теория формальной информации определяет единицу измерения информации как ее *длину*. Кроме того, любая

информация имеет время жизни – *жизненный цикл*, а значит, может быть описана в величинах *времени*. Таким образом, исходя из логических умозаключений, следует, что численная характеристика учебных достижений студента может быть выражена в похожих терминах размерных величин механической системы. Предположим, что оценка личностных профессионально значимых сформированных мотивационных показателей обучаемого также может быть описана в терминах, соответствующих размерностям механической системы.

Выбор такого формата «условной модели» объясняется тем, что поле механической системы является наиболее простым для интерпретации системы оценивания профессиональных компетенций. В защиту «условного» моделирования также говорит тот факт, что и в различных отраслях естествознания часто используется метод аналогий.

Пусть задана система оценивания профессиональных компетенций:

$$\{\overline{w}_T^{[i]}, \overline{\phi}_T^{[i]}, \overline{\sigma}_T^{[i]}, \overline{\theta}_T\}, \quad (6)$$

и механическая система физических величин:

$$\{P_1, P_2, P_3, P_4\}, \quad (7)$$

где любая величина P_i , ($i = \overline{1:4}$) имеет размерность, выраженная в виде монома от основных величин:

$$[P_i] = [M]^{\alpha_{i1}} [L]^{\alpha_{i2}} [T]^{\alpha_{i3}}, \quad (8)$$

где M – масса, L – длина, T – время, $\alpha_{i1}, \alpha_{i2}, \alpha_{i3}$ – const. Выбор основных размерных величин, через которые выражаются все остальные – это вопрос соглашения экспертов.

Проведем соответствие между величинами систем (6) и (7). Пусть $\overline{w}_T^{[i]} \div P_1, \overline{\phi}_T^{[i]} \div P_2, \overline{\sigma}_T^{[i]} \div P_3, \overline{\theta}_T \div P_4$.

Аналогично, рассматривая случаи, когда оценка профессиональной компетенции соответствует физическим величинам, характеризующим работу и другие варианты замены, получим четыре варианта аналитического выражения модели оценивания профессиональных компетенций (таблица 1).

Таблица 1 – Вариации модели-оригинала и «условной» модели

Параметры модели-оригинала	Параметры «условной» модели			
	1	2	3	4
$\bar{w}_T^{[i]}$	«сила»	«сила»	«работа»	«работа»
$\bar{\phi}_T^{[i]}$	«работа»	«работа»	«сила»	«сила»
$\bar{\sigma}_T^{[i]}$	«ускорение»	«скорость»	«ускорение»	«скорость»
$\bar{\theta}_T$	«скорость»	«ускорение»	«скорость»	«ускорение»
«Размерная» модель	$\bar{w}_T^{[i]} = \frac{\bar{\phi}_T^{[i]} \cdot \bar{\sigma}_T^{[i]}}{(\bar{\theta}_T)^2}$	$\bar{w}_T^{[i]} = \frac{\bar{\phi}_T^{[i]} \cdot \bar{\theta}_T}{(\bar{\sigma}_T^{[i]})^2}$	$\bar{w}_T^{[i]} = \frac{\bar{\phi}_T^{[i]} \cdot (\bar{\theta}_T)^2}{\bar{\sigma}_T^{[i]}}$	$\bar{w}_T^{[i]} = \frac{\bar{\phi}_T^{[i]} \cdot (\bar{\sigma}_T^{[i]})^2}{\bar{\theta}_T}$

Обобщенный алгоритм вывода аналитического выражения модели-оригинала оценки профессиональных компетенций представлен на рисунке 3.

В четвертой главе описаны алгоритмы, реализующие определение статистически значимых параметров предложенной математической модели на основе экспертных оценок, а также определение аналитического выражения модели оценивания; представлена структурная схема программного комплекса, позволяющая упростить производимые вычисления и являющаяся удобным инструментом для анализа полученных результатов при принятии управленческих решений о повышении качества подготовки студентов.

На основании предложенных в работе математических и алгоритмических процедур разработан программный комплекс, предназначенный для программно-технологического обеспечения процесса оценивания полученных результатов при принятии управленческих решений о повышении качества подготовки студентов.

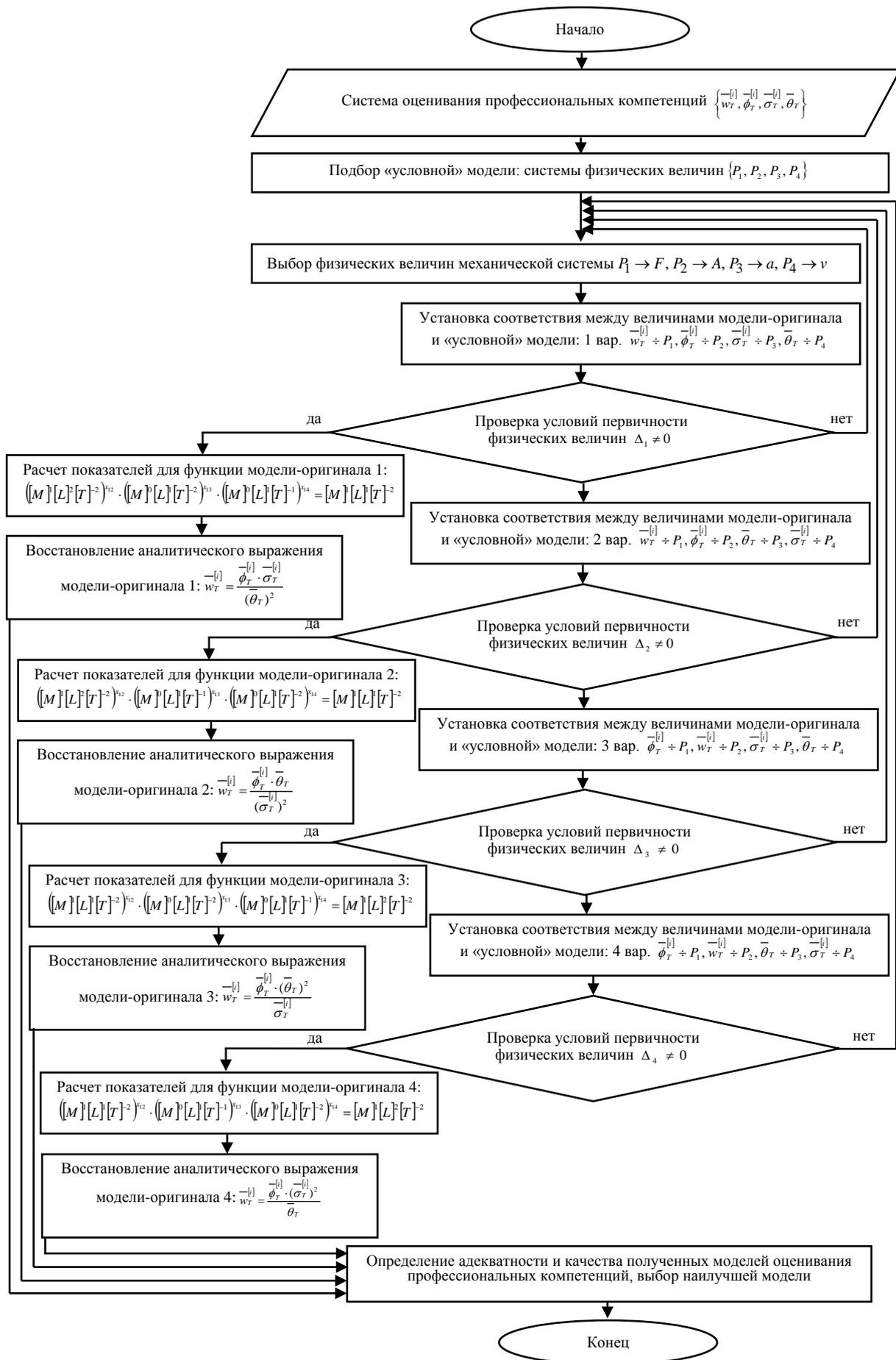


Рисунок 3 – Блок-схема вывода аналитического выражения модели-оригинала

В пятой главе приводится описание реализации полученной многокомпонентной математической модели оценивания профессиональных компетенций и результатов вычислительных экспериментов, проведенных по итогам изучения профессиональных компетенций студентов-выпускников направления подготовки «Информатика и вычислительная техника». В качестве эмпирической базы на этапе предварительной подготовки были использованы исходные данные учебной, научно-исследовательской и творческой деятельности студентов контрольной группы за весь период обучения, представленные учебно-методическим отделом, а также результаты экспертных опросов. В роли экспертов выступили потенциальные работодатели, профессорско-преподавательский состав, выпускники и студенты вуза. Основу сравнительного анализа составили данные, полученные путем расчета, также оценки, отражающие уровень сформированности профессиональных компетенций, по результатам итоговой государственной аттестации. Для оценки статистической значимости экспериментальных данных, полученных в результате измерений в шкале отношений, был использован статистический критерий Вилкоксона-Манна-Уитни.

Итак, по результатам сравнительного, статистически-обоснованного анализа и теоретико-логическим заключениям наиболее адекватной признается математическая модель оценивания профессиональных компетенций № 4 (рисунок 4):

$$\frac{w_T^{[i]}}{W_T} = \frac{\bar{\phi}_T^{[i]} \cdot \left(\frac{\sigma_T^{[i]}}{\sigma_T}\right)^2}{\theta_T}$$

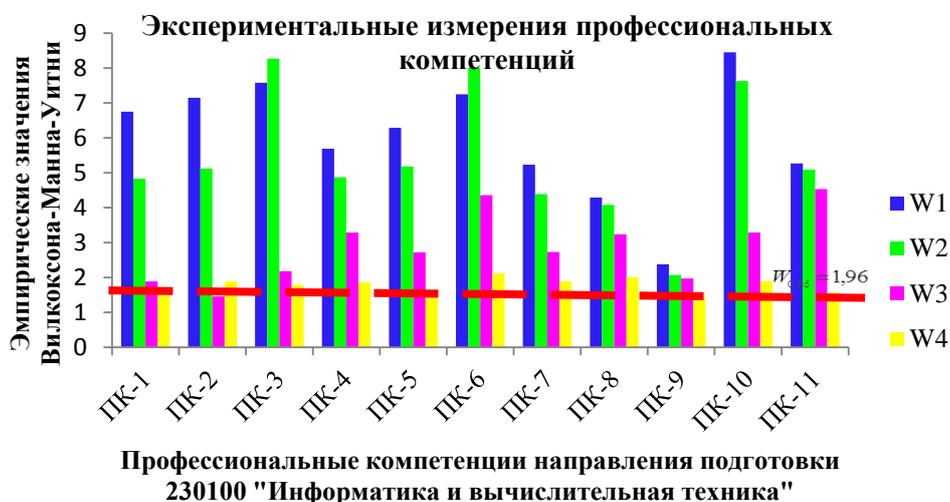


Рисунок 4 – Результаты экспериментального исследования

Весьма важно, то, что данное исследование, а именно, разработанная методика и алгоритмы оценивания профессиональных компетенций, могут быть применены в целом для всех уровней профессионального образования (среднее профессиональное образование, высшее образование – бакалавриат, высшее образование – специалитет, магистратура, высшее образование – подготовка кадров высшей квалификации) и для всех видов компетенций (общекультурные, универсальные, общепрофессиональные, профессиональные).

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

При выполнении диссертационной работы были получены следующие результаты:

1. Проведен анализ существующих подходов к оценке профессиональных компетенций, на основании которого выявлены (-а):

- основные принципы построения математической модели и системы оценивания результатов обучения;
- многокомпонентность содержания и междисциплинарный характер понятия «профессиональные компетенции»;
- необходимость разработки математической модели оценивания уровня сформированности профессиональных компетенций.

2. Разработана когнитивная модель системы оценивания профессиональных компетенций, описаны критерии, компоненты, уровни и средства, позволяющие дать объективную оценку качественных результатов учебного процесса; применен новый оригинальный математико-кибернетический подход, основанный на аналогии анализа размерностей.

3. Разработаны алгоритмы и реализован программный комплекс экспертной оценки определения статистически значимых параметров многокомпонентной математической модели.

4. Проведены вычислительные эксперименты, подтвердившие достоверность результатов и эффективность разработанных моделей и алгоритмов оценивания профессиональных компетенций.

ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ

1. Николаева Д.Р. Формирование базы данных многоуровневых профессионально-ориентированных заданий как средства развития компетенций студентов в области информатики и вычислительной техники / Т.Н. Шалкина, Д.Р. Николаева // Мир науки, культуры, образования. – 2013. – № 6 (43). – С. 73-78.
2. Николаева Д.Р. Концепция математического моделирования в задаче оценки сформированности профессиональной компетентности выпускника ВУЗа / В.Э. Борзых, Т.Н. Шалкина, Д.Р. Николаева // В мире научных открытий. – 2013. – № 10.1 (46). – С. 146-160.
3. Николаева Д.Р. Метод математического моделирования процесса оценивания профессиональных компетенций выпускников ВУЗа [Электронный ресурс] / В.Э. Борзых, Т.Н. Шалкина, Д.Р. Николаева. – Электрон. журн. // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1. URL: <http://www.science-education.ru/121-17882>.
4. Николаева Д.Р. Правила построения параметров математической модели оценки профессиональных компетенций / Д.Р. Николаева // Информатика и образование. – 2016. – № 4 (273). – С. 39-43.

Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ

5. А. с. 2014617523 Российская Федерация, Программный комплекс экспертного оценивания методом парного сравнения / Николаева Д.Р., Шалкина Т.Н. – № 2014612634 ; заявл. 25.03.2014; опубли. 24.07.2014.

Публикации в других изданиях

6. Николаева Д.Р. Наше мнение о создании карт компетенции (некоторые примеры и разъяснения) / С.И. Квашнина, Д.Р. Николаева, В.О. Доманский // Проблемы реализации компетентностного подхода в российском профессиональном образовании: материалы Всероссийской научно-методической конференции. – Тюмень, 2010. – С. 116-118.
7. Николаева Д.Р. Оптимизация образовательного процесса по дисциплине «Математика» с элементами исследования путем создания соответствующего учебного пособия для студентов технического ВУЗа / Д.Р. Николаева // Проблемы геологии и освоения недр: XIV Международный научный симпозиум. – Томск, 2010. – С. 741-743. – Т. 2.
8. Николаева Д.Р. Формирование информационной культуры преподавателя / Д.Р. Николаева // Проблемы формирования единого экономического пространства и социального развития в странах СНГ: материалы Международной научно-технической конференции. – Тюмень, 2010. – С. 127-131. – Т. 2.
9. Николаева Д.Р. Реализация компетентностного подхода при проектировании электронного учебного курса (на примере направления «Информатика и вычислительная техника») / Т.Н. Шалкина, Д.Р. Николаева // Проблемы реализации компетентностного подхода в российском

профессиональном образовании: материалы Всероссийской научно-методической конференции. – Тюмень, 2010. – С. 267-272.

10. Николаева Д.Р. Возможности информационных технологий для оценки сформированности профессиональных компетенций студентов ИТ – специальностей / Т.Н. Шалкина, Д.Р. Николаева // Актуальные проблемы реализации образовательных стандартов нового поколения в условиях университетского комплекса: материалы Всероссийской научно-методической конференции. – Оренбург, 2011. – С. 1780-1783.

11. Николаева Д.Р. Оценивание профессиональных компетенций с использованием современных средств контроля (на примере специалиста ИВТ) / Д.Р. Николаева // От инноваций к качеству образования: материалы Всероссийской научно-методической видеоконференции. – Тюмень, 2011. – С. 191-194.

12. Николаева Д.Р. Разработка математической модели и алгоритмов оценки сформированности профессиональных компетенций студентов / Д.Р. Николаева // Материалы итоговой конференции аспирантов и молодых ученых Института геологии и нефтегазодобычи ТюмГНГУ и Института проблем освоения Севера СО РАН ПРЕПРИНТ. – Тюмень, 2012. – С. 20-21.

13. Николаева Д.Р. Использование метода экспертных оценок при оценке готовности выпускников к профессиональной деятельности / Т.Н. Шалкина, Д.Р. Николаева // Актуальные вопросы современной науки: материалы XVI Международной научно-практической конференции. – Москва: Перо, 2012. – С. 199-205.

14. Николаева Д.Р. Оценка качества подготовки студента ВУЗа в условиях компетентностного подхода / Т.Н. Шалкина, Д.Р. Николаева // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2012. – № 7. – С. 159-163.

15. Николаева Д.Р. Этапы построения математической модели оценки сформированности профессиональной компетентности выпускника ВУЗа / Д.Р. Николаева // Материалы итоговой конференции аспирантов и молодых ученых Института геологии и нефтегазодобычи ТюмГНГУ и Института проблем освоения Севера СО РАН ПРЕПРИНТ. – Тюмень, 2013. – С. 17-18.

16. Николаева Д.Р. Оценка уровня формирования профессиональной компетенции при подготовке бакалавров / Д.Р. Николаева // Материалы итоговой конференции аспирантов и молодых ученых Института геологии и нефтегазодобычи ТюмГНГУ и Института проблем освоения Севера СО РАН ПРЕПРИНТ. – Тюмень, 2014. – С. 10-12.

17. Николаева Д.Р. Многокомпонентная модель оценивания результатов обучения студентов в условиях компетентностного подхода / Т.Н. Шалкина, Д.Р. Николаева // Математика и информационные технологии в естественно-научном образовании: материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Тюмень, 2014. – С. 230-235.

18. Николаева Д.Р. Обобщенная математическая модель формирования и оценивания профессиональных компетенций / Д.Р. Николаева // Материалы III международной научно-практической конференции Современные проблемы развития фундаментальных и прикладных наук. – Прага, 2016. – С. 61-64.

Подписано в печать 24.03.2017. Формат 60x90 1/16. Усл. печ. л. 1,4
Тираж 120 экз. Заказ № 747.

Библиотечно-издательский комплекс
Федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«Тюменский индустриальный университет»
625000 г. Тюмень, ул. Володарского, 38

Типография Библиотечно-издательского комплекса
625039 г. Тюмень, ул. Киевская, 52