

## МОДЕЛЬ НЕГЭНТРОПИЙНОГО УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ ВУЗА

Данилов А.Н.

*ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», Пермь, Россия (614990, г. Пермь, Комсомольский проспект, 29), e-mail: dan@pstu.ru*

Рассматривается многокантурная модель управления качеством реализации образовательной программы вуза на основе негэнтропийного подхода. Качество подготовки студентов определяется уровнем сформированности заявленных компетенций, который оценивается объемом накопленной студентами полезной информации (негэнтропии). Используется принцип управления по отклонению, где управляемой величиной выступает негэнтропийная оценка качества подготовки студентов в различные моменты реализации образовательной программы вуза. При этом образовательная программа подготовки студентов разделяется на 3 части: накопление знаний при изучении учебных дисциплин; формирование умений в рамках практических разделов и формирование владений студентов при выполнении междисциплинарных разделов программы (НИРС, производственные практики, выполнение выпускной квалификационной работы). Контроль качества может осуществляться отдельно по уровню сформированности каждого компонента заявленных компетенций.

Ключевые слова: многокантурная модель управления, негэнтропийный подход, оценка качества образования, управление по отклонению.

## MODEL OF NEGENTROPY MANAGEMENT QUALITY OF EDUCATIONAL PROGRAMS OF UNIVERSITY

Danilov A.N.

*Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russia (614990, Perm, Komsomolsky av., 29), e-mail: dan@pstu.ru*

The multi-channel model of quality management of realization of an educational program of university on the basis of negentropy approach is considered. The education students quality is defined by the level of formation of the declared competencies which is estimated by the volume of the useful information (negentropy) saved up by students. The principle of control on a deviation, where a controlled variable appears negentropic assessment of the quality of training students at different educational program of the university is used. Educational program for students is divided into 3 parts: the accumulation of knowledge in the study of academic disciplines, the formation of skills in the practical section and the formation of students' possessions when the interdisciplinary program sections (Research work of students, production practices, the implementation of the final qualifying work). Quality control can be carried out separately for the level of development of each component of the stated competencies.

Keywords: multi-channel control model, negentropy approach, assessing the quality of education, control on a deviation.

### Введение

Переход на новые федеральные государственные образовательные стандарты высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) и продолжающийся процесс вхождения России в Болонский процесс требует от отечественной высшей школы комплексного решения задачи повышения качества образовательной деятельности вузов, интегрированной с деятельностью структур федерального уровня. Масштабность и сложность проблемы определяет необходимость использования принципиально новых технологий организации и управления. Существуют научно обоснованные принципы управления, обеспечивающие системность, содержательность, организованность и результативность взаимодействия

управляющих и управляемых подсистем, приводящих к достижению поставленных целей. Достаточно детально они отработаны для технологических процессов и промышленных предприятий как непрерывного, так и дискретного производства [9]. Относительная простота и формализуемость технической или производственной сферы делает возможным использование традиционного, фундаментального подхода, в основе которого лежит строгое определение предметной области, математическое описание объекта управления, создание и исследование необходимых моделей, анализ полученных результатов и их использование для построения системы управления. В то же время для образовательной сферы подобные подходы практически не изучены, что определяет актуальность научных исследований в области управления образовательными системами.

### 1. Отличия системы управления в социально-технических системах.

Определяющей особенностью системы управления учебным процессом вуза является линейность и однонаправленность реализуемого алгоритма управления, включающего последовательность этапов целеполагания, определения содержания, планирования, организации деятельности и руководства ею применительно к условиям и ограничениям, диктуемым текущим поколением образовательных стандартов ВПО. Следует отметить наличие обратных связей, обеспечивающих наличие контроля процессов и результатов с последующей коррекцией текущей деятельности участников учебного процесса.

Научным фундаментом современной системы управления учебным процессом может служить теория управления, наибольшие успехи которой достигнуты в направлении управления техническими системами [2]. В соответствии с теорией на объект управления ОУ (рис. 1), подвергающийся влиянию  $F$  со стороны окружающей среды, оказывается управляющее воздействие  $Y$  со стороны устройства управления (УУ) с целью компенсации отклонения управляемой величины  $X$ , отражающей состояние ОУ, от некоторого требуемого значения  $G$  [2].

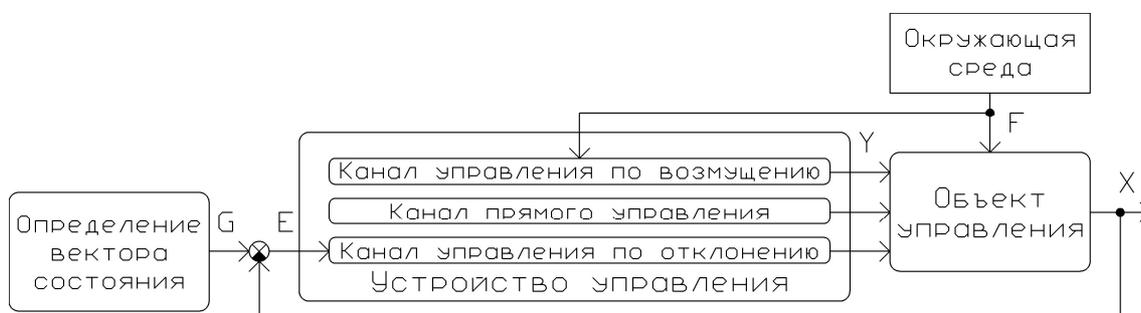


Рис. 1. Обобщенная структура системы управления

По способу определения управляющего воздействия  $Y$  различают три базовых принципа управления, реализованные в соответствующих каналах УУ, показанных на рис. 1:

- управление по отклонению, при котором управляющее воздействие  $Y$  на ОУ формируется в зависимости от отклонения  $E$  действительного значения управляемой величины  $X$  на некотором интервале времени от заданного значения  $G$ . Указанное отклонение  $E$  формируется элементом сравнения, который в технических системах осуществляет функцию вычитания из значения заданной величины  $G$  значения управляемой величины  $X$ . При использовании рассматриваемого принципа элемент сравнения является центральным элементом, точность которого определяет качество функционирования всей системы. Принцип управления по отклонению нашел наибольшее применение в технических системах;

- управление по возмущению, при котором управляющее воздействие  $Y$  на ОУ формируется в зависимости от величины внешнего воздействия  $F$  на ОУ со стороны окружающей среды. Данный принцип управления нашел лишь ограниченное применение даже в технических системах в связи со сложностью определения величины возмущающего воздействия, однако преодоление этой сложности существенно повышает качество управления системой, превращая ее в инвариантную по возмущению;

- прямое управление, при котором управляющее воздействие  $Y$  на ОУ формируется на основе известного алгоритма его функционирования без учета отклонения действительного значения управляемой величины  $X$  от заданного значения и величины внешнего воздействия  $F$  на ОУ.

Канал управления по отклонению в простом случае реализует алгоритм регулирования, при котором вектор состояния  $X$  ОУ считается заданным, а показатель качества управления в явном виде зависит не от вектора состояния  $X$ , а от вектора ошибки  $E$  [5]. В более сложном случае реализуется алгоритм оптимального или адаптивного управления, при котором вектор состояния ОУ для каждого момента времени либо вычисляется в зависимости от изменения свойств ОУ и воздействия со стороны внешней среды, либо подбирается.

В отличие от процессов в технических системах, учебный процесс в современном вузе представляет собой сложную социально-техническую систему, включающую совокупность таких элементов, как цели, содержание, методы, организация, формы и средства обучения, а также субъекты образовательной деятельности, которыми являются преподаватели и студенты. Следовательно, система управления вузом связана с организацией деятельности, во-первых, педагогической, и только уже во-вторых - технической системы. Как показано в [6], оптимальной была бы ситуация, при которой «со стороны педагогической системы исходит перечень требований к обеспечивающей технической системе, которая должна этим требованиям сопоставить совокупность реализуемых возможностей, как правило, с некоторыми ограничениями, уменьшающимися по мере развития науки и техники».

Признается также, что для строгого решения задачи синтеза педагогических систем с применением технических средств было бы методически правильно исходить из психолого-педагогических теорий обучения. Однако прямое решение задачи синтеза такой системы затруднено, так как в настоящее время практически отсутствуют возможности формального описания деятельности педагогической системы.

Вместе с тем рассмотренные выше общие принципы теории управления справедливы и для случая управления качеством учебного процесса на основе контроля его результатов.

В современном вузе осознанно или неосознанно используются все три рассмотренные выше базовые принципы управления. Традиционным и наиболее широко распространенным является прямое управление, при котором руководители и ведущие преподаватели, имеющие определенное видение целей, задач и технологий образования, сначала отражают их в планах образовательной деятельности (квалификационных характеристиках, учебных планах, рабочих программах учебных дисциплин), а затем претворяют в жизнь с той или иной степенью соответствия.

Значительно менее значимым является контур управления по возмущению. Очевидно, что формы и содержание образования должны отражать изменения демографической ситуации в стране, новации школьной подготовки, перемены в профессорско-преподавательском составе, меняющиеся требования инновационной экономики. Конечно, опытный преподаватель корректирует свои действия в соответствии с реальной аудиторией, однако в полной мере вклад указанных факторов в формирование вектора управления учебным процессом носит дискретный характер и проявляется по большей части в переломные периоды, например при переходе на новые образовательные стандарты.

Как и в общем случае, основным при управлении учебным процессом является контур управления по отклонению достигнутого студентами уровня компетентности от уровня, заданного на каждый момент времени образовательной программой подготовки выпускника. Желаемый уровень задается перечнем и структурой компетенций, отражающими требования федерального образовательного стандарта направления подготовки, требования работодателя и видение руководства и ведущих преподавателей вуза. Центральным звеном системы управления при этом является элемент сравнения, роль которого играет подсистема контроля результатов учебного процесса. При этом одной из основных проблем управления в образовательных системах остается получение достоверной оценки качества подготовки студентов.

**2. Негэнтропийная оценка качества подготовки студентов.** Главной целью образовательной деятельности вуза в соответствии с ФГОС ВПО является преобразование малокомпетентных абитуриентов и студентов в высококомпетентных выпускников. Однако

эта цель не может быть достигнута без наличия квалифицированных преподавателей и качественных образовательных технологий. Объектом управления поэтому, является качество основных элементов учебного процесса – студентов, преподавателей, а также используемых образовательных технологий. В соответствии с компетентностным подходом, на котором базируются образовательные стандарты третьего поколения, интегральным показателем качества этих элементов является достигнутый в каждый момент времени уровень компетентности студентов [7]. Этот уровень на протяжении срока обучения должен планомерно повышаться от уровня входной компетентности абитуриентов до уровня итоговой компетентности выпускников вуза. При этом в основных образовательных программах (ООП) должны быть предусмотрены контрольные точки и соответствующие им целевые дескрипторы (описатели уровня обученности). Динамика уровня компетентности прямо отражает текущее качество студентов и косвенно – качество преподавателей и используемых ими образовательных технологий.

Как известно [4], каждую компетенцию можно представить системной триадой компонентов: знать, уметь, владеть (рис. 2).



Рис. 2. Системная триада компетенции

Другими словами, идея компетентностного подхода состоит в целостности образования, означающего овладение знанием с помощью системной триады. Каждый акт формирования компетенции триедин. Очевидно, что невозможно у студента сформировать умения без необходимого объема накопленного им знания, как невозможно привить студенту способность владеть знаниями и умениями без их освоения. Однако здесь важен и другой аспект.

Необходимо отметить, что триадный способ получения образования является существенно нелинейным в отличие от существовавшего ранее линейного или диадного подхода к обучению. Линейный подход предполагает классическую (квалификационную) структуру образования, представляемую набор: знания – умения – навыки. Однако навыки представляются как умения, доведённые до автоматизма, в силу чего не обладающие новым качеством. Поэтому линейное представление даёт диаду образовательных результатов: знание и их ожидаемое практическое применение в определённой сфере профессиональной деятельности (квалификация), без учёта возникновения нестандартных ситуаций и творческого подхода к их разрешению. Однако линейно мыслящий специалист не нужен

современному производству, в рамках которого все чаще возникают нестандартные задачи, которые необходимо решать на базе знаний, умений и владений, сформированных у выпускника вуза и определённых в виде его общекультурных и профессиональных компетенций. Триада соединяет, сращивает все компоненты компетенции, обеспечивая новое качество образования. Однако сложность внутренней структуры компетенции вызывает трудности при ее измерении. Как объективно измерить уровень сформированности компетенции у каждого студента на каждом этапе ее формирования? Без ответа на этот вопрос нельзя переходить к управлению качеством образования.

Здесь как раз пригодится системный подход. Так как компетенция – это системное свойство образования, то и подходить к измерению компетенции надо системно. С большой долей уверенности можно считать, что формирование компетенции у обучающегося приводит к повышению упорядоченности его знаний в некоторой предметной или межпредметной области, т.е. к снижению энтропии обучаемого за счёт получения и усвоения полезной информации (негэнтропии). Тогда процесс формирования компетенции или набора компетенций можно свести к негэнтропийному процессу накопления полезной информации, объем которой можно измерять различными способами. Учитывая многолетний опыт вузовского образования, при котором уровень образования студента оценивался преподавателями вуза и государственной аттестационной комиссией, здесь предлагается негэнтропию измерять в условных единицах, связанных с трудоемкостью отдельных учебных дисциплин (практических разделов), задаваемой образовательной программой вуза с учётом полученных оценок за усвоение учебного материала. Для этого необходимо сначала провести декомпозицию каждой компетенции до уровня измеримости, а затем произвести синтез, используя триадную целостность компетенции [8].

Считаем, что знания в основном формируются при освоении учебных дисциплин ООП, умения – при выполнении курсовых работ и проектов, НИРС, прохождении учебной практики, а владения – при выполнении инновационных проектов, прохождении производственной практики, подготовке ВКР. Кроме того, считается, что разработана компетентностная модель выпускника по соответствующей основной образовательной программе (ООП) вуза и составлена матрица отношений между компетенциями и дисциплинами (практическими разделами) ООП. Другими словами, считается известным, в рамках освоения каких учебных дисциплин и практических разделов формируется каждая компетенция студента, из каких частей (дисциплинарных компетенций) она состоит и в каких семестрах происходит её формирование.

Следует напомнить, что компетенция формируется во времени при изучении соответствующих дисциплин и /или практических разделов ООП. Поэтому процесс

формирования компетенций условно разобьём на этапы, в качестве которых удобно выбрать учебные семестры. Это позволит производить текущую оценку уровня сформированности компетенции и производить необходимые корректирующие воздействия на объект управления, в качестве которого выступает образовательный процесс подготовки выпускников вуза.

Как было отмечено выше, текущий уровень сформированности компетенции предлагается сопоставлять с количеством информации, накапливаемой у студента в ходе образовательного процесса и измеряемой в условных единицах. Под введённой условной единицей количества негэнтропии понимается количество информации, усваиваемой в сложившихся педагогических условиях за один час студентом, успешно справляющимся с усвоением информации ровно за то количество часов, которое закреплено за данной дисциплиной (практическим разделом) ООП вуза.

Зависимость количества информации в у. е., накапливаемого студентом, от трудоёмкости дисциплины и оценочных данных представлена на рис. 3.

Другими словами, считается, что уровень сформированности каждой дисциплинарной компетенции после изучения соответствующей учебной дисциплины можно оценить как некоторое количество негэнтропии (полезной информации), приводящее к упорядочиванию знаний студента в данной предметной области. Чем больше количество негэнтропии, тем выше качество подготовки студента. При этом очевидно, что процесс накопления знаний (негэнтропии) для каждой дисциплины разный, что задаётся кривой «научения», предоставляемой экспертом, в качестве которого может выступать опытный преподаватель вуза, ответственный за ту или иную дисциплину ООП.

Тогда можно записать:

$$\bar{E}_{ij} = f_{ij}(T_j, x_j),$$

где  $\bar{E}_{ij}$  – количество приобретённой студентом негэнтропии при освоении дисциплинарной компетенции;  $T_j$  – трудоёмкость дисциплины в зачётных единицах или академических часах;  $x_j$  – балл, полученный студентом за освоение дисциплины (практического раздела);  $f_{ij}$  – кривая «научения», определяемая для каждой j-й дисциплины при формировании i-й компетенции в зависимости от сложности учебного материала для усвоения студентом.

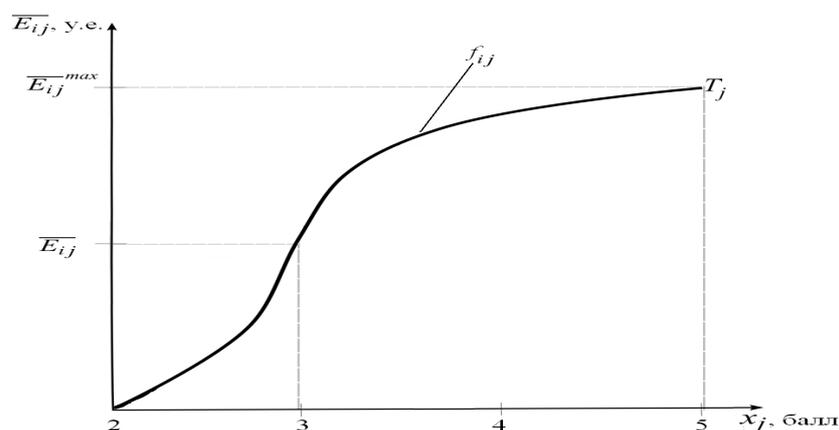


Рис. 3. Зависимость количества негэнтропии при формировании  $i$ -й компетенции от трудоёмкости  $j$ -й дисциплины и оценочных данных  $x_j$

После негэнтропийной оценки уровня сформированности части компетенции необходимо перейти к их агрегированию для определения негэнтропийных оценок сформированности каждой компетенции и их групп (в рамках учебных циклов, модулей, видов профессиональной деятельности и т. п.). При этом могут использоваться как линейные, так и нелинейные свертки [1], учитывающие «важность» каждой части компетенции в общем уровне подготовки студентов вуза.

Следует отметить, что для получения необходимой базы оценивания уровня сформированности каждого из компонентов и частей компетенции предлагается использовать: для оценки знаний – результаты экзаменов и зачётов по учебным дисциплинам, а также результаты рубежного компьютерного тестирования; для оценки умений – результаты курсового проектирования, лабораторного практикума; для оценки владений – результаты производственной практики, междисциплинарного государственного экзамена и защиты ВКР.

### 3. Трехконтурная модель управления качеством образовательных программ вуза.

Предлагается следующая модель управления учебным процессом при реализации ООП вуза [10], представленная на рис. 4. В общем случае считается, что весь учебный процесс можно условно разбить на 3 части: процесс формирования дисциплинарных компетенций; процесс базовой профессиональной подготовки и процесс профильной профессиональной подготовки [3].

Тогда можно считать, что:

- 1-й контур (КУЗ) отвечает за управление уровнем знаниевого компонента компетенций, который формируется в процессе изучения учебных дисциплин;
- 2-й контур (КУУ) – за управление уровнем формирования у студентов умений при выполнении курсовых и лабораторных работ, индивидуальных практических заданий и т. д.;

- 3-й контур (КУВ) – за управление формированием у студентов владений при выполнении междисциплинарных практических разделов ООП (производственной практики, НИРС, выполнении ВКР).

При обработке текущих образовательных результатов студентов после каждого семестра используется негэнтропийный подход и линейно-нелинейные свёртки негэнтропийных оценок образовательных результатов, достигнутых студентами при освоении ООП вуза.

В данном случае рассматривается задача увеличения уровня сформированности компетенций на текущий момент времени. Решение этой задачи должно проводиться в три этапа:

- 1) построение модели объекта управления на текущий момент времени;
- 2) негэнтропийная оценка текущего уровня сформированности компетенций;
- 3) локализация «узких мест» и принятие соответствующего управленческого решения с целью коррекции процесса формирования дисциплинарных компетенций (частей компетенций, формируемых в рамках изучения той или иной учебной дисциплины).

Для решения поставленной задачи строится модель объекта управления на текущий момент времени - срез оценочных данных и распределение трудоёмкости между учебными дисциплинами и практическими разделами ООП, участвующими в формировании компетенций. Последние данные берутся из учебного плана ООП, сформированного на базе разработанной вузом компетентностной модели выпускника [4]. Оценочные данные (определённый срез) предоставляются преподавателями, деканатами и берутся из базы данных рубежного контроля знаний и умений студентов, полученных с помощью компьютерного тестирования.

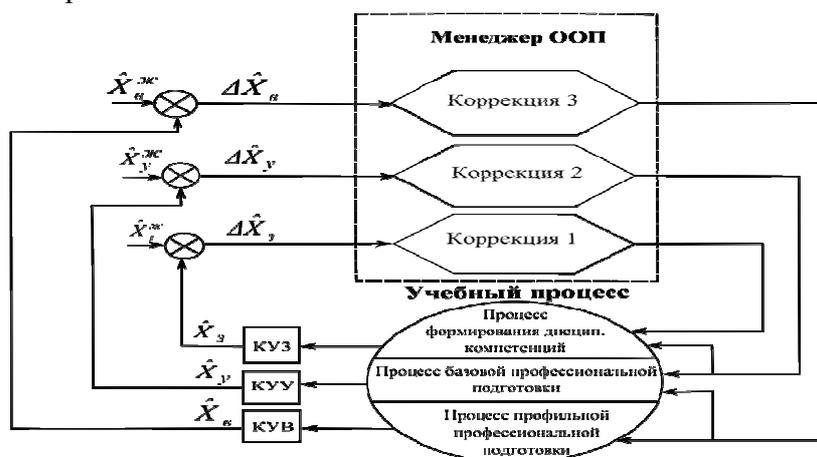


Рис. 4. Трехконтурная модель управления качеством образовательных программ вуза

Следует отметить, что в рамках каждого контура управления, показанного на рис. 4, проводится формирование негэнтропийной оценки уровня сформированности как отдельных компонентов компетенций, так и групп компетенций путем осреднения и свертывания

текущих образовательных результатов всех студентов, осваивающих исследуемую образовательную программу вуза. Затем производится сравнение полученной оценки с желаемым уровнем (задаваемым ООП вуза на основе требований основных работодателей) и определяется отклонение от заданного качества подготовки. При этом отклонение может быть как положительной, так и отрицательной величиной. Если уровень знаниевой компоненты выше желаемого, а уровень умений и владений – ниже, то необходимо перераспределение в ООП вуза трудоемкостей между теоретическими и практическими разделами. В том случае, когда уровень качества подготовки ниже желаемого, то предлагаемая методика управления позволяет выявить «узкие» места ООП вуза и предложить необходимую коррекцию учебного процесса. Для этого проводится декомпозиция негэнтропийной оценки и определяются те дисциплины и практические разделы ООП, освоение которых вызвало затруднение у студентов и повлияло на уровень сформированности тех или иных компетенций. Далее руководителем (менеджером) ООП вуза принимаются корректирующие воздействия на учебный процесс, направленные на удаление узких мест. Например, это могут быть действия, направленные на корректировку структуры и содержание ООП или на применение более эффективных образовательных технологий при изучении выявленных учебных дисциплин и практических разделов [10].

### Список литературы

1. Букалова А.Ю., Харитонов В.А. Интеллектуальные инструментальные средства поддержки принятия решений в задачах управления уровнем профессиональной подготовки студентов // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 1.
2. Воронов А.А., Титов В.К., Новоградов Б.Н. Основы теории автоматического регулирования и управления. - М. : Высшая школа, 1977. – 519 с.
3. Данилов А.Н., Гитман Е.К., Столбова И.Д. Оценка качества подготовки инженерных кадров к инновационной деятельности // Стандарты и качество. – 2012. – № 8. – С. 74-78.
4. Лобов Н.В., Столбова И.Д., Столбов В.Ю., Данилов А.Н. Компетентностная модель выпускника: опыт проектирования // Высшее образование сегодня. – 2013. – № 6. – С. 25-33.
5. Солодовников В.В., Плотников В.Н., Яковлев А.В. Основы теории и элементы систем автоматического регулирования. – М. : Машиностроение, 1985.
6. Савельев А.Я. Проблемы автоматизации обучения // Вопросы психологии. – 1986. – № 2. – С. 10-20.

7. Столбова И.Д., Данилов А.Н. Инструментарий оценивания результатов образования при компетентностном подходе // Стандарты и мониторинг в образовании. – 2012. – № 4. – С. 24-30.
8. Столбова И.Д. Организация предметного обучения: компетентностный подход // Высшее образование в России. – 2012. – № 7. – С. 10-20.
9. Федосеев С.А., Гитман М.Б., Столбов В.Ю., Вожаков С.А. Управление качеством продукции на современных предприятиях. – Пермь : Изд-во ПНИПУ, 2011. – 229 с.
10. Харитонов В.А., Данилов А.Н., Букалова А.Ю. Алгоритмические основы автоматизированного управления уровнем профессиональной подготовки бакалавров // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: математическое моделирование и программирование. – 2013. – Т. 6, № 4. – С. 108-115.

**Рецензенты:**

Столбов В.Ю., д.т.н., декан факультета прикладной математики и механики ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет, г. Пермь.

Гитман М.Б., д.ф.-м.н., профессор кафедры математического моделирования систем и процессов ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет, г. Пермь.