

DOI: 10.15593/2499-9873/2018.2.06

УДК 378.147

А.А. Овчинников, М.Б. Гитман

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь, Россия

**УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ
ПРОГРАММ ПОДГОТОВКИ СТУДЕНТОВ
С ПРИМЕНЕНИЕМ КОРРЕКТИРУЮЩИХ ДЕЙСТВИЙ
НА ОСНОВЕ НЕГЭНТРОПИЙНОГО ПОДХОДА**

Предложен алгоритм управления качеством образовательных программ на основе негэнтропийного подхода и кривых научения. Рассмотрены математическая модель комплексного оценивания уровня сформированности компетенций студента и алгоритм корректировки образовательных программ для повышения качества их реализации до необходимого уровня.

Ключевые слова: алгоритм управления качеством образовательных программ, негэнтропийный подход, кривые научения, прототип информационной системы.

A.A. Ovchinnikov, M.B. Gitman

Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation

**QUALITY MANAGEMENT OF EDUCATIONAL PROGRAMS
FOR STUDENTS WITH CORRECTIVE ACTIONS BASED
ON THE NEGENTROPIC APPROACH**

The quality management algorithm of educational programs on the basis of a negentropic approach and learning curves is proposed. The mathematical model and algorithms of complex estimation of level of formation of competences of the student and adjusting educational programs to improve the quality of their implementation to the required level is presented.

Keywords: quality management algorithm, negentropy approach, learning curves, prototype of information system.

Введение

В последние годы в российских вузах создаются системы менеджмента качества (СМК), основанные на международных стандартах серии ИСО 9001, в которых сформулированы основные требования к управлению процессами, влияющими на качество образования [1].

Обычно СМК включает в себя процессную модель и набор стандартов вуза, регламентирующих организацию и управление качеством каждого процесса.

Однако в настоящее время отсутствует общепринятая модель СМК вуза, что, в свою очередь, обуславливает необходимость каждому вузу разрабатывать собственную модель управления качеством образования, включающую процесс оценивания результатов подготовки студентов и выработку управленческих решений (корректирующих действий), направленных на улучшение качества учебного процесса. Поэтому к основной задаче современной системы высшего образования можно отнести построение эффективной системы управления образовательными процессами вуза, что требует разработки и внедрения современного математического и программного обеспечения механизмов оценивания результатов образования выпускника вуза и корректировки образовательных программ с целью повышения их качества.

При оценивании образовательных результатов студентов, в качестве которых согласно ФГОС ВО выступают компетенции выпускников вуза, обычно используется 5-балльная шкала оценивания [2]. Однако такой подход не позволяет правильно оценить компетенции студентов в том случае, когда они формируются несколькими учебными дисциплинами или практическими разделами основной профессиональной образовательной программы (ОПОП) вуза. Применяемая обычно матричная модель оценивания [3], просто усредняющая оценки, не учитывает особенности учебных дисциплин и различный их вклад в уровень сформированности заявленных компетенций. Поэтому предлагается ввести негэнтропийную оценку образовательных результатов, основанную на описании нелинейного процесса усвоения студентами знаний, умений и навыков с помощью «кривых научения» [4], учитывающих особенности преподавания каждого учебного раздела [5].

1. Кривые научения и негэнтропийная оценка результатов образования

Для комплексного оценивания уровня сформированности заявленных компетенций предлагается использовать негэнтропийный подход [6] к управлению в образовательных системах, в рамках которого в данном случае предлагается рассматривать каждый раздел ОПОП как процесс накопления в образовательной системе дополнительной по-

лезной информации в ходе реализации профессиональной подготовки студентов. Негэнтропию предлагается измерять в условных единицах. Например, при оценке негэнтропии обученности студентов предлагается использовать часы трудоемкости, выделенные на освоение некоторой учебной дисциплины, при изучении которой происходит накопление полезной информации, снижение энтропии (повышение упорядоченности) системы знаний каждого студента и, как следствие, повышение уровня сформированности их компетенций. В этом случае накопление негэнтропии можно оценивать путем суммирования или агрегирования частных образовательных результатов каждого студента или учебной группы в целом. Такой синергетический подход позволяет достаточно эффективно управлять качеством подготовки каждого студента, качеством отдельной образовательной программы, а также качеством всей образовательной системы вуза.

Для получения комплексной оценки уровня сформированности отдельной компетенции предлагается применить методику, которая основана на построении *кривых научения* (КН) [4], учитывающих как нелинейность процесса формирования компетенции, так и особенность достижения образовательных результатов в рамках освоения отдельных дисциплин.

С этой целью рассматриваются два процесса усвоения полезной информации в ходе обучения: итеративный и логистический. В итеративном процессе заложена гипотеза о том, что скорость усвоения информации пропорциональна скорости ее поступления и уменьшается с ростом уже усвоенной информации, тогда данный процесс описывается следующим уравнением [4]:

$$\frac{dy}{dt} = \alpha \frac{dI}{dt} - \gamma y; \quad 0 < \alpha < 1; \quad \gamma > 0, \quad y(0) = y_0, \quad (1)$$

где t – время обучения; y – количество усвоенной полезной информации на момент времени t ; I – количество поступившей полезной информации на момент времени t ; α – коэффициент усвоения полезной информации; γ – коэффициент забывания ранее усвоенной информации. Приняв гипотезу о том, что количество информации, поступающей в единицу времени, постоянно, и решив (1), получаем следующее соотношение, характеризующее экспоненциальную кривую научения (рис. 1, а):

$$y(t) = y_{\max} + (y_0 - y_{\max}) \exp(-\gamma t), \quad t \geq 0, \quad \gamma > 0, \quad y_{\max} > y_0, \quad (2)$$

где y_0 – начальное значение количества негэнтропии; y_{\max} – максимально возможное значение накопленной негэнтропии.

Логистический процесс формирования умений и владений у студентов предполагает наличие необходимых знаний, от объема которых зависит скорость обучения методам решения поставленных задач. Кроме того, эта скорость также определяется относительным объемом еще не освоенной необходимой информации для применения полученных знаний при решении практических задач. Тогда процесс формирования умений и владений у студентов можно описать следующим уравнением [4]:

$$\frac{dy}{dt} = \gamma y \left(\frac{I - y}{I} \right). \quad (3)$$

Решая (3) методом разделения переменных, получим зависимость, характеризующую логистическую кривую научения (рис. 1, б):

$$y(t) = y_{\max} y_0 / (y_0 + (y_{\max} - y_0) \exp(-\gamma t)), \quad t \geq 0, \quad \gamma > 0, \quad y_{\max} > y_0. \quad (4)$$

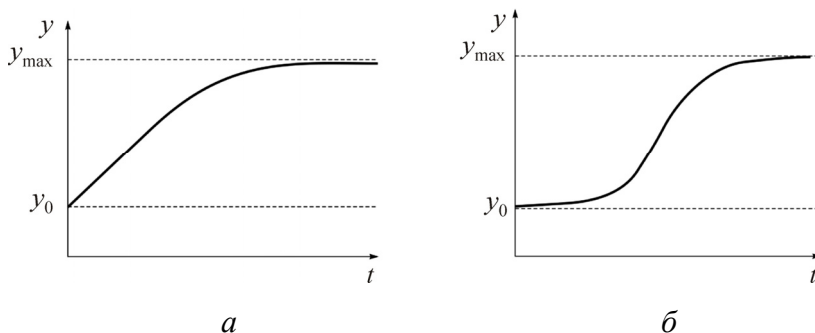


Рис. 1. Экспоненциальная (а) и логистическая (б) кривые научения

В отличие от экспоненциальной, логистическая КН характеризуется наличием начального пологого участка накопления учебной информации, после которого происходит резкое увеличение скорости усвоения информации.

Вид КН может быть определен для группы компетенций, входящей в иерархию компетентностной модели выпускника, в рамках которой могут быть отдельно выделены гуманитарные, социальные

и экономические компетенции, математические и естественнонаучные компетенции и профессиональные компетенции [5].

Отметим, что показанный на рис. 1 нелинейный процесс формирования результатов образования можно использовать для оценивания компонентов компетенций (*знать, уметь, владеть*) в рамках отдельно взятой учебной дисциплины [7].

При этом по оси ординат могут быть указаны уровни усвоения соответствующих компонентов компетенции (в часах трудоемкости), причем максимальный уровень соответствует количеству часов, выделенных на освоение данного компонента. По оси абсцисс вместо времени обучения приводятся баллы, полученные студентом при промежуточной аттестации за соответствующий компонент дисциплинарной компетенции (алгоритм перехода от времени к баллам приведен в [5]). Соответствие между уровнем усвоения (в часах трудоемкости) и баллами задается экспертом для каждой дисциплины. Следует отметить, что эти КН задаются один раз для групп различных дисциплин (гуманитарных, естественнонаучных и профессиональных) и учитывают весь опыт преподавания в данной предметной области.

Таким образом, с помощью «кривых научения» устанавливается взаимосвязь между оценками студентов и уровнем сформированности отдельных компонентов и частей заявленных компетенций. Особо следует отметить тот факт, что предлагаемая методика позволила привести все оценки к *одной* шкале, задаваемой в условных единицах (часах трудоемкости), что, в свою очередь, позволяет *просто суммировать* все частные результаты образования при комплексном оценивании уровня сформированности компетенции. При этом значительно упрощается методика оценивания уровня сформированности компетенций [7].

2. Алгоритм управления качеством образовательных программ на основе негэнтропийного подхода

Модель комплексного оценивания уровня сформированности заявленных компетенций на основе негэнтропийного подхода позволяет более полно и точно оценить не только качество освоения каждой учебной дисциплины и практического раздела, но и всей образовательной программы в целом. В связи с тем, что предлагаемая негэнтропийная оценка уровня усвоения компетенций является аддитивной, она позволяет путем операции декомпозиции определить «узкие места» при

освоении каждой компетенции и всей ОПОП. Другими словами, можно определить величину отклонения от требуемого уровня сформированности каждой компетенции и оценить качество реализации всей образовательной программы, приняв за «меру некачества» суммарную величину всех отклонений. Следует отметить, что свойство аддитивности предложенной негэнтропийной оценки позволяет легко перейти от отклонений «по компетенциям» к отклонениям «по дисциплинарным компетенциям», по которым можно судить о качестве освоения учебной дисциплины или практического раздела ОПОП (или даже отдельно качество лекционных и практических занятий), взяв их осредненные значения по всем студентам, участвующим в реализации ОПОП. Тогда оценку «некачественности» освоения ОПОП можно записать в виде

$$\Delta = \sum_{i=1}^m \Delta_i, \quad i = 1, \dots, m, \quad (5)$$

где Δ_i – осредненные (по группе студентов, осваивающих ОПОП) отклонения по уровню освоения дисциплинарных компетенций; m – количество учебных дисциплин и практических разделов образовательной программы.

При этом можно ввести критерий качества освоения ОПОП в следующем виде. Если $\Delta \geq \Delta^*$, то необходимо корректирующее воздействие (здесь Δ^* – допустимое отклонение результатов обучения по всей ОПОП). В противном случае результаты обучения удовлетворяют требованиям СМК и корректирующих действий не требуется.

На рис. 2 приведен качественный график зависимости осредненных результатов обучения в условных единицах негэнтропии по некоторой ОПОП.

На рис. 2 график 1 соответствует максимально возможному значению негэнтропийной оценки (трудоемкости) по каждой дисциплине или практическому разделу, а график 2 – реальному уровню освоения «в среднем» всех учебных дисциплин/практических разделов для группы студентов, осваивающих эту образовательную программу. При этом из рис. 2 легко получить отклонения Δ_i (осредненные отклонения по уровню освоения дисциплинарных компетенций) и общее отклонение результатов обучения Δ от максимально возможных по всей ОПОП.

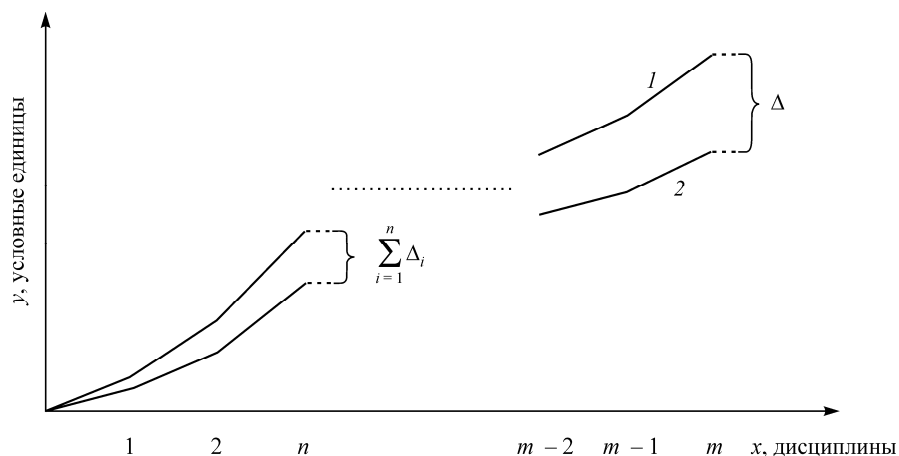


Рис. 2. Зависимость осредненных результатов обучения, в единицах негэнтропии, от учебных дисциплин и практических разделов ОПОП

После введения «меры некачественности» освоения отдельных учебных дисциплин/практических разделов и образовательной программы в целом можно предложить следующую схему управления качеством образовательных программ по отклонению (рис. 3).

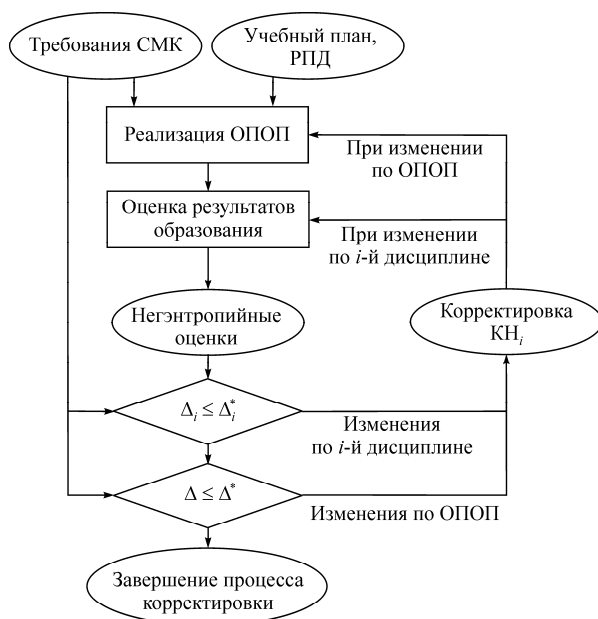


Рис. 3. Схема управления качеством образовательных программ по отклонению негэнтропийной оценки от заданного уровня

Из рис. 3 видно, что в процессе реализации ОПОП оцениваются результаты образования на основе заданных кривых научения и производится вычисление отклонений негэнтропийных оценок от заданного уровня (Δ_i и Δ). На основании этих отклонений могут быть проведены корректирующие воздействия как в процессе реализации ОПОП группой студентов, так и после реализации всей образовательной программы. В первом случае изменения необходимы тогда, когда качество реализации отдельной дисциплины/практического раздела не соответствует требованиям СМК. Во втором случае уровень освоения всех дисциплин/практических разделов и образовательной программы соответствует требованиям СМК, но возникла необходимость повышения качества образования, например в соответствии с требованиями новых стандартов и/или по запросу работодателей.

Следует отметить, что в предлагаемом подходе к управлению качеством образовательных программ корректировка осуществляется с помощью корректировки КН по тем дисциплинам, которые оказались наиболее сложными для освоения студентами.

Процесс управления качеством образовательных программ в целом может быть описан с помощью следующего общего алгоритма:

1. С использованием полученных негэнтропийных оценок уровня освоения отдельных дисциплин и практических разделов строится график зависимости осредненных результатов обучения в условных единицах негэнтропии по исследуемой ОПОП (аналогично графику на рис. 2).

2. Оценивается несоответствие уровня освоения ОПОП максимально возможному результату Δ по формуле (5). При этом если $\Delta \geq \Delta^*$, то необходимо корректирующее воздействие (Δ^* – допустимое отклонение результатов обучения по всей ОПОП). В противном случае результаты обучения удовлетворяют требованиям СМК и корректирующие действия не требуются.

3. Если корректировка программы необходима, то выделяются «узкие» места освоения ОПОП. Для этого вычисляются отклонения между ломаными 1 и 2 по всем дисциплинам (отклонения Δ_i , $i = 1, \dots, m$, m – количество учебных дисциплин и практических разделов образовательной программы). Из соотношения (6) определяется номер дисциплины или практического раздела i^* , который вносит «максимальное» отклонение в несоответствие:

$$\Delta_{i^*} = \max_{1 \leq i \leq m} \Delta_i, \quad i = 1, \dots, m. \quad (6)$$

4. Проводится корректирующее воздействие на качество освоения дисциплины/практического раздела. Для этого перестраивается «кривая научения» для i^* -й дисциплины/практического раздела ($КН_{i^*}$). Перестройка осуществляется за счет изменения параметров этой кривой. Подбираются такие значения соответствующих коэффициентов, при которых отклонения Δ_i уменьшатся до такой величины, при которой соотношение $\Delta_{\text{пер}} \leq \Delta^*$ будет выполнено, где $\Delta_{\text{пер}}$ – несоответствие «нового» уровня освоения ОП максимально возможному результату. Это может быть осуществлено за счет изменения содержания i^* -й дисциплины (практического раздела) и/или применения новых прогрессивных образовательных технологий. Если соотношение $\Delta_{\text{пер}} \leq \Delta^*$ удовлетворяется, то уровень освоения ОП соответствует требованиям обучения.

5. В противном случае из соотношения (6) определяется номер другой дисциплины или практического раздела (из оставшихся в ОПОП), который вносит «максимальное» отклонение в несоответствие $\Delta_{\text{пер}}$ и Δ^* . После этого за счет изменения содержания этой дисциплины (практического раздела) и/или применения новых прогрессивных образовательных технологий «перестраивается» соответствующая «кривая научения» и опять проводится проверка соотношения $\Delta_{\text{пер}} \leq \Delta^*$. Если результат неудовлетворительный, то определяется следующая дисциплина (практический раздел) и т.п. Процесс изменений ведется до тех пор, пока соотношение не будет выполнено.

Заключение

Описана система разработки управленческих решений на основе негэнтропийного подхода и кривых научения, направленная на повышение качества подготовки инженерных кадров. Приведен алгоритм управления качеством образовательной программы за счет корректировки кривых научения, выявленных с помощью негэнтропийной оценки результатов образования групп дисциплин/практических разделов и отнесенных к «узким местам» ОПОП. Отметим, что с помощью разработанного алгоритма можно повысить качество реализации ОПОП до заданного уровня как за счет резкого изменения технологий

обучения небольшого количества дисциплин, так и за счет незначительных изменений технологий обучения, но большого количества корректируемых разделов.

Список литературы

1. Данилов А.Н., Столбов В.Ю., Шарыбин И.Н. Менеджмент качества образования на основе контроля знаний студентов // Управление качеством инженерного образования: сб. докл. междунар. науч.-метод. конф. – М.: Изд-во МГТУ им. Баумана, 2008. – С. 166–171.

2. Ефремова Н.Ф. Компетенции в образовании: формирование и оценивание. – М.: Национальное образование, 2012. – 416 с.

3. Жуков В.П. Разработка фонда оценочных средств и оценка сформированности компетенций на основе матричной модели процесса обучения // Вестник ИГЭУ. – 2017. – Вып. 5. – С. 53–58.

4. Новиков Д.А. Закономерности итеративного научения / Институт проблем управления РАН. – М., 1998. – 77 с.

5. Об одном подходе к оцениванию уровня сформированности компетенций выпускника вуза [Электронный ресурс] / А.Н. Данилов, А.А. Овчинников, Гитман М.Б., Столбов В.Ю. // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6. – URL: www.science-education.ru/120-15324 (дата обращения: 20.11.2014).

6. Управление образовательной деятельностью многопрофильного технического университета на основе негэнтропийного подхода / А.Н. Данилов, Столбов В.Ю., Гитман М.Б., Харитонов В.А. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2013. – 292 с.

7. Гитман М.Б., Данилов А.Н., Столбов В.Ю. Оценка уровня сформированности компетенций выпускника вуза // Открытое образование. – 2014. – № 1. – С. 24–31.

References

1. Danilov A.N., Stolbov V.Ju., Sharybin I.N. Menedzhment kachestva obrazovaniya na osnove kontrolja znaniy studentov // Upravlenie kachestvom inzhenerного obrazovaniya: sb. dokl. mezhdunar. nauch.-metod. konf. M.: Izd-vo MGTU im. Baumana, 2008. P. 166-171.

2. Efremova N.F. Kompetencii v obrazovanii: formirovanie i ocenivanie. – M.: Nacional'noe obrazovanie, 2012. 416 p.

3. Zhukov V.P. Razrabotka fonda ocenочnyh sredstv i ocenka sformirovannosti kompetencij na osnove matrichnoj modeli processa obuchenija // Vestnik IGJeU. 2017. Vyp. 5. P. 53-58.

4. Novikov D.A. Zakonomernosti iterativnogo nauchenija. – M.: Institut problem upravlenija RAN, 1998. 77 p.

5. Danilov A.N., Ovchinnikov A.A., Gitman M.B., Stolbov V.Ju. Ob odnom podhode k ocenivaniju urovnja sformirovannosti kompetencij vypusknika vuza // Sovremennye problemy nauki i obrazovanija. 2014. № 6. URL: www.science-education.ru/120-15324 (data obrashhenija: 20.11.2014).

6. Upravlenie obrazovatel'noj dejatel'nost'ju mnogoprofil'nogo tehničeskogo universiteta na osnove negjotropijnogo podhoda / Danilov A.N., Stolbov V.Ju., Gitman M.B., Haritonov V.A. Perm': Izd-vo PNIPU, 2013. 292 p.

7. Gitman M.B., Danilov A.N., Stolbov V.Ju. Ocenka urovnja sformirovannosti kompetencij vypusknika vuza // Otkrytoe obrazovanie. 2014. № 1. P. 24-31.

Получено 08.02.2018

Об авторах

Овчинников Александр Андреевич (Пермь, Россия) – аспирант кафедры «Вычислительная математика и механика» Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: alex.talking@mail.ru).

Гитман Михаил Борисович (Пермь, Россия) – доктор физико-математических наук, профессор кафедры «Вычислительная математика и механика» Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: mygitman@gmail.com).

About the authors

Alexander A. Ovchinnikov (Perm, Russian Federation) – Postgraduate Student, Department of Computational Mathematics and Mechanics, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolsky av., Perm, 614990, Russian Federation, e-mail: alex.talking@mail.ru).

Mikhail B. Gitman (Perm, Russian Federation) – Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Department of Computational Mathematics and Mechanics, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolsky av., Perm, 614990, Russian Federation, e-mail: mygitman@gmail.com).