

УДК 519,330.341(063) + 338,24(063),681,3

ББК 32,817

## МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ОБРАЗОВАНИЯ В ВУЗЕ

Тукубаев З. Б.<sup>1</sup>, Умаров А. А.<sup>2</sup>

*(Международный казахско-турецкий университет  
им. А. Ясауи, Казахстан, г. Туркестан)*

*Рассматривается проблема повышения качества образования в высшей школе применительно к вузам Казахстана. В данной работе предлагается один из путей решения поставленной задачи на основе системы стимулирования сотрудников вуза. Работа предназначена для сотрудников управления образованием.*

Ключевые слова: автоматизированная система управления, управление качеством образования, многокритериальные задачи, комплексная оценка, стимулирование труда профессорско-преподавательского состава.

### **1. Актуальность проблемы качества в вузе и различные подходы к решению проблемы**

Проблема повышения качества образования – большая социальная проблема, решаемая на уровне государства. *Качество образования* не есть некое абстрактное свойство; высокое (достаточное) качество – это максимальное (достаточное) соответствие той задаче, которая должна быть решена в ходе подготовки специалиста данного уровня [14].

---

<sup>1</sup> Тукубаев Зукурхан Бейсекович, кандидат технических наук, доцент ([ibrahim19899@mail.ru](mailto:ibrahim19899@mail.ru)).

<sup>2</sup> Умаров Амантур Амангельдыевич, магистр информатики, старший преподаватель ([unix77@yandex.ru](mailto:unix77@yandex.ru)).

От уровня подготовки специалистов, их потребности в стране в большой степени зависит экономическое и социальное состояние государства в целом. К сожалению, в последнее время наблюдается заметное снижение качества подготовки научных и педагогических кадров в Казахстане. В Послании Президента Республики Казахстан Н.А. Назарбаева народу Казахстана от 28.01.2011 г. приводится факт, говорящий о том, что 200 диссертационных советов в стране «штампуют» кандидатов и докторов наук, и в науку идёт 1 из 60 кандидатов наук и 1 из 37 докторов наук. В связи с этим с этого года была прекращена работа этих советов. Президент также подчеркнул, что **качественное образование** должно стать основой индустриализации и инновационного развития Казахстана.

В современном мире – мире информационных технологий и глобализации общества – требования к качеству образования значительно повышаются. И, в конечном счете, это – признание дипломов, полученных в одной стране международным сообществом, требования международных образовательных стандартов (требований участников Болонского процесса) и т.д. Глава Республики Казахстан Нурсултан Назарбаев придает большое значение вопросу образования; это обеспечивается созданием открытого экономического пространства в Европе и Азии [16], а также поддержкой образовательной программы Темпус.

Важность решения данной проблемы на уровне государства подтверждается следующими Правительственными документами: Государственной программой развития образования Республики Казахстан на 2011–2020 годы [4] и другими источниками [9, 13, 17].

Большую роль в повышении качества образования играет Президентская международная образовательная программа «Болашак», направленная на подготовку специалистов в ведущих вузах мира. В частности, один из авторов – А.А. Умаров прошел научную стажировку в Институте проблем управления РАН (ИПУ РАН) в рамках этой программы.

Одной из причин заметного снижения качества образования в высшей школе является *уход наиболее квалифицированных*

кадров в другие области деятельности (в основном, в бизнес) из-за недостаточной социальной и финансовой оценки их труда. Другой причиной является *отсутствие связи вузов с производством и наукой*. Для компенсации такого недостатка в Казахстане и реализуется программа «Болашак», а также строятся технопарки по различным направлениям.

Выход из этой ситуации видится в следующем:

1) в подготовке кадров за рубежом в рамках программы «Болашак»;

2) в возрождении Академии Наук Казахстана совместно с отделениями РАН в рамках ОДКБ (Организация добровольной коллективной безопасности), Таможенного союза (ТС) и ШОС (Шанхайская организация Содружества);

3) в возрождении связи треугольника ВУЗ–НАУКА–ПРОИЗВОДСТВО в стране согласованно с Российской академией наук.

В настоящее время идет процесс реализации Государственной Программы [4]. Разработка Программы вызвана необходимостью кардинальных преобразований, направленных на *повышение качества образования*, решение стратегических задач, стоящих перед казахстанской системой образования в новых экономических и социокультурных условиях. Согласно этой программе образовательная система Республики Казахстан предполагает переход на пятиступенчатую систему обучения: начальное образование – среднее образование – послесреднее образование – высшее образование – послевысшее образование.

Подробно остановимся на высшем образовании (ВО). Система высшего образования Республики Казахстан представлена 180-ю высшими учебными заведениями и 86-ю филиалами вузов. Девять ведущих университетов имеют особый статус (всего 5% от общего количества). Общий показатель качества ВО в целом будет зависеть от обобщенного показателя всех 180-ти вузов по всей стране. Поэтому целесообразным является точечное рассмотрение каждого отдельного учреждения с целью повышения качества образования в целом.

Вуз, как любая большая кибернетическая система, имеет сложную структуру, функциональность и поведение. Характеристика поставленной задачи имеет многоцелевую, междисциплинарную природу, имеющую цель определения обобщенного критерия – показателя качества образования. Этот показатель, по мнению авторов, может быть достигнут путем совместного решения трех задач различной природы: социально-экономической, технической и педагогической. Здесь сложным является построение целевой функции оптимизации. Это обусловлено, во-первых, тем, что все эти три составляющие имеют различные измерения и природу. Тут целесообразно было бы применить нечеткую логику при оценке обобщенного критерия [10, 11]. Обобщенный критерий включает в себя три подкритерия: *педагогический, методический и творческий*.

С социально-экономической точки зрения, это создание **эффективной системы стимулирования** труда профессорско-преподавательского состава (ППС), которое является важной задачей в современных условиях развития Высшего профессионального образования в Казахстане и адаптации вузов к требованиям международной образовательной системы.

С технической точки зрения, это разработка **автоматизированной системы управления** (АСУ) вуза, позволяющей оперативно выполнять анализ состояния вуза и в результате обработки данных получать объективную оценку для принятия решений (принцип «прозрачного» управления).

С педагогической точки зрения, это создание **эффективной методики оценки знания** студентов, позволяющей повысить уровень заинтересованности в знаниях.

Применение системного подхода к решению проблемы позволяет обобщить все эти составляющие в одно целое и рассмотреть настоящую проблему с единой точки зрения.

Сделаем небольшой обзор работ по системам оценки в образовании. Поскольку объект настоящего исследования – вуз – является одним из видов организационных систем (ОС), то рассмотрение начнем с них. В России управлением ОС занима-

ется школа В.Н. Буркова [1] и Д.А. Новикова [10–12] (Институт проблем управления РАН).

В работе Д.А. Новикова [11] четко определены главные направления модернизации системы управления образованием, это:

- управление качеством;
- управление доступностью;
- управление эффективностью.

Эти три ключевых направления и являются основными критериями эффективности управления. Далее автором выдвигаются следующие важные подзадачи, решение которых должно обеспечить требуемое качество образования:

- изучение потребностей рынков труда и образовательных услуг;
- набор абитуриентов;
- формирование программ и методов обучения;
- организация процесса обучения;
- обеспечение обучения ресурсами;
- аттестация выпускников, присвоение квалификации выпускам;
- мониторинг трудоустройства выпускников;
- анализ результатов и начало нового витка «петли качества».

Приведем еще ряд трудов российских ученых по системам оценки качества образования в Высшей школе. Например, в [2] описывается рейтинговая система оценки знаний студентов, деятельности преподавателей и подразделений вуза. В работе [14] качество образовательной деятельности характеризуется следующими требованиями, как: наличие государственного стандарта высшего профессионального образования и качество его реализации; качество профессионально-преподавательского состава вуза; качество организации процесса обучения; качество методического обеспечения учебного процесса, а также качество субъектов обучения.

В мировой практике применяются различные подходы к оценке качества работы вузов: репутационный, результативный

и общий. *Репутационный подход* использует экспертный механизм для оценки уровня профессиональных образовательных программ и учебных заведений в целом. *Результативный* основан на измерении количественных показателей деятельности вуза. *Общий подход* базируется на принципах «всеобщего управления качеством» (*Total Quality Management, TQM*) и требований к системам менеджмента качества Международной организации по стандартизации (*International Organization for Standardization, OSI*).

Наряду с подходами выделяются внешняя и внутренняя системы оценки качества образования [15]. *Внешняя система* («французская модель») оценки качества образования представлена государственными институтами лицензирования, аттестации и аккредитации учебных заведений и сертификации определенных компонентов профессионального образования. Кроме того, происходит формирование общественных институтов аккредитации на базе различных научно-педагогических и научных ассоциаций и объединений. *Внутренняя система* («английская модель») оценки качества образования организуется в образовательных учреждениях в формах итоговой и поэтапной аттестации (самоаттестации) обучаемых, систем оценки абитуриентов, систем психодиагностики и социодиагностики в учебных заведениях, а также в системах самооценки и самоаттестации учебных заведений и их подразделений.

Отдельную тему исследований охватывает проблема стимулирования ОС. Острый вопрос касается финансирования перспективных научных направлений и проектов. Например, в России действует эффективная и достаточно гибкая система оценки показателей результативности научной деятельности (ПРНД) [7]. В работе О.Г. Дмитриевой построена система стимулирования сотрудников вуза на основе достигнутых результатов [6].

Основы построения АСУ в народном хозяйстве и проблемы их технической реализации широко освещаются в работе академика В.М. Глушкова. Особо известны технические решения российских компаний «Нейман» и «Галактика» в области авто-

матизации управления предприятием (в том числе для вузов). В системах принятия решений используется аппарат математической статистики и дисперсионного анализа, реализуемый с помощью технологий извлечения данных *DM (Data Mining)*, функционируемой на основе средств многомерного анализа данных – *OLAP (On-Line Analytical Processing)* [3].

## **2. Постановка задачи управления качеством образования в вузе путем выбора вида функции и параметров системы стимулирования**

Системный подход к решению проблемы заключается в создании модели такой человеко-машинной системы, позволяющей выполнять всесторонний анализ учебной работы вуза и на основе своевременного анализа и обработки данных принимать объективные решения по стимулированию ППС, что в конечном итоге должно обеспечить улучшение качества образования. При комплексной оценке должны быть учтены и человеческий фактор (в социально-экономическом, педагогическом и методическом аспекте). Вышеотмеченные множества различных факторов образуют сложную многокритериальную задачу [10].

Система стимулирования сотрудников существует практически в каждой организации. Однако немногим организациям удается добиться с ее помощью желаемых целей: повысить производительность труда, заинтересовать в результатах деятельности компании рядовых сотрудников и т.д. В большинстве случаев причина подобных неудач в том, что система стимулирования не учитывает особенностей конкретной организации.

Следовательно, необходима тщательная проработка системы стимулирования с учетом индивидуальных особенностей организации. Нужно быть готовым к тому, что это трудоемкий процесс, который потребует немало времени (на крупных предприятиях – несколько месяцев).

Теперь перейдем к конкретной организации – Международному Казахско-турецкому университету им. А. Ясауи (далее

МКТУ). В системе менеджмента качества (СМК) МКТУ приняты следующие нормы [17] (см. таблицы 1–4):

Таблица 1. Диапазон значений оценок качества образования<sup>1</sup>

Уровень качества	Качественная оценка	Буквенное значение балла
10	Отлично (A+)	A
9	Отлично (A–)	
8	Хорошо (B+)	B
7	Хорошо (B)	
6	Хорошо (B–)	
5	Удовлетворительно (C+)	C
4	Удовлетворительно (C)	
3	Удовлетворительно (C–)	
2	Плохо (D)	D
1	Плохо (D–)	

Таблица 2. Методическая оценка занятия у преподавателя

№ внутреннего критерия	Показатели	Диапазон значений оценок
$K_{21}$	Достижение цели урока	1÷10
$K_{22}$	Организация урока	1÷10
$K_{23}$	Межпредметные связи (примеры)	1÷10
$K_{24}$	Выполнение заданий и результативность	1÷10
$K_{25}$	Объективность в оценке студентов	1÷10
$K_{26}$	Применение технических средств	1÷10
$K_{27}$	Уровень знаний студента и ее применение <sup>1</sup>	1÷10
$K_{28}$	Домашнее задание	1÷10

---

<sup>1</sup> Приводится система *Grade Point Average (GPA)*, основанная на кредитной технологии обучения.



Таблица 3. План показателей творческой работы ППС

№	Творческая работа ( $r_k$ )	Балл ( $b_k$ )
1	Доклад, статья, утвержденная ученым советом вуза (внутри)	1
2	Учебное пособие, утвержденное ученым советом вуза (внутри)	4
3	Доклад, статья, опубликованная в Республике Казахстан и за рубежом	5
4	Учебное пособие, утвержденное грифом Министерства Республики Казахстан	10
5	Участие в Международных конкурсах, Государственных программах и проектах (программа «Болашак»)	15
6	Защита диссертации	20
7	Участие в проектах технопарков	20
8	Победа в Международных конкурсах, Государственных программах и проектах (программа «Болашак»)	25

Таблица 4. План показателей творческой работы студентов (критерий  $K_3$ )

№	Творческая работа ( $r_k$ )	Балл ( $b_k$ )
1	Участие с докладом на конференции вуза (внутри)	5
2	Участие с докладом на конференции в вузах масштаба страны	10
3	Статья в журнале (можно и в соавторстве с руководителем)	15
4	Участие в программах, олимпиадах и проектах масштаба вуза или масштаба страны	20
5	Победа в программах, олимпиадах и	25

<sup>1</sup> Данный критерий определяет уровень теоретических и практических знаний у студента и вычисляет балл по критерию  $K_2$  у студентов.

№	Творческая работа ( $r_k$ )	Балл ( $b_k$ )
	проектах масштаба страны (например, в программе «Болашак»)	

### **Требования к системе стимулирования**

Определен следующий набор ряд требований для систем оплаты труда:

– объективность: размер вознаграждения работника должен определяться на основе объективной оценки результатов его труда;

– прозрачность: работник должен знать, какое вознаграждение он получит в зависимости от результатов своего труда;

– адекватность: вознаграждение должно быть адекватно трудовому вкладу каждого работника в результат деятельности всего коллектива, его опыту и уровню квалификации;

– своевременность: вознаграждение должно следовать за достижением результата как можно быстрее (если не в форме прямого вознаграждения, то хотя бы в виде учета для последующего вознаграждения);

– значимость: вознаграждение должно быть для сотрудника значимым;

– справедливость: правила определения вознаграждения должны быть понятны каждому сотруднику организации и быть справедливыми, в том числе с его точки зрения.

### **Основные этапы построения системы стимулирования**

Для того чтобы система стимулирования организации принесла ощутимый положительный эффект, при ее создании рекомендуется последовательное выполнение следующих шагов:

– формирование структуры персонала организации (выделение однородных групп);

– декомпозиция стратегических целей на уровень подразделений и отдельных сотрудников (выделение ключевых показателей эффективности деятельности для расчета переменной части заработной платы).

Разработка механизмов стимулирования (определение правил расчета переменной части вознаграждения сотрудников).

Модели систем оплаты труда подробно исследованы в монографии [8]. Одной из распространенных систем оплаты труда считается *тарифно-премиальная система (ТПС)*, которая представляет собой выплату постоянной части вознаграждения (ежемесячно) и его переменной части (по результатам труда). В ее рамках постоянную составляющую вознаграждения называют *тарифной*, которая зависит от тарифного разряда агента, а переменную составляющую – *премиальной*, зависящей от результатов деятельности агента в соотношении с результатами деятельности его коллег.

В МКТУ вознаграждение сотрудников состоит из постоянной и переменной частей. Постоянная часть – оклад, как правило, минимальный (финансируется из Государственного бюджета). Переменная часть (финансируется из собственного бюджета) – премия по итогам года, учитывающая только результаты научной деятельности.

Проектируемая система оплаты труда должна учитывать, как было сказано выше, три составляющие – педагогическую, методическую и творческую. К тому же быть объективной, адекватной и по возможности прозрачной и справедливой по отношению ко всем сотрудникам организации.

Таким образом, *цель настоящей работы* заключается в построении эффективной системы качества оценки качества образования вуза, основанной на стимулировании ППС/студентов (точнее, *премиальной составляющей* системы ТПС) согласно вышеуказанным требованиям с учетом финансовых ограничений. Это актуальная и практически важная задача для руководства любого вуза. С глобальной точки зрения, если результаты настоящей работы будут плодотворными, то их в будущем можно будет рекомендовать к внедрению во все вузы Казахстана.

## 2.2. ОБЩАЯ ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Приведем общую постановку задачи из [8]. Рассмотрим модель  $n$  – агентной ОС, в которой деятельность  $i$ -го агента, характеризуемого типом  $r_i \geq 0$  (следует отметить, что в

конкретной модели тип агента равна 1), описывается его скалярным действием  $z_i \geq 0$ ,  $i \in N = \{1, 2, \dots, n\}$  – множество агентов. Обозначим тарифную составляющую заработной платы  $t(r_i)$ , премиальный фонд  $R \geq 0$ . Отметим, что в здесь в конкретной модели тарифная составляющая не учитывается и равна 0.

Предположим, что функция затрат  $i$ -го агента  $c_i(y_i, r_i)$  зависит только от его собственного действия и является гладкой, выпуклой и неубывающей по *действию*  $z_i$ , невозрастающей по *типу*  $r_i$  функцией, т.е.  $c_z \geq 0$ ,  $c_{zz} \geq 0$ ,  $c_r \leq 0$ ,  $c_{rx} \leq 0$ .

Типы агентов упорядочены по возрастанию, т.е.  $r_1 \leq r_2 \leq \dots \leq r_n$ .

Премиальную составляющую заработной платы  $i$ -го агента обозначим  $\pi_i(z)$ ,  $i \in N$ , где  $z = (z_1, z_2, \dots, z_n) \in \mathfrak{R}_+^n$  – вектор действий агентов.

Таким образом, общее вознаграждение  $i$ -го агента имеет вид:

$$\sigma_i(z, r_i) = t(r_i) + \pi_i(z), \quad i \in N.$$

Введем ограничение резервной полезности  $u(\cdot)$ , которое определяет минимальное значение целевой функции агента, которое должно быть ему обеспечено, т.е.  $u(r_i)$  – *резервная полезность*  $i$ -го агента,  $i \in N$ .

Обозначим  $r = (r_1, r_2, \dots, r_n)$  – вектор типов агентов;  $\pi(z) = (\pi_1(z), \pi_2(z), \dots, \pi_n(z))$  – вектор-функцию премиального стимулирования.

Целевая функция агента имеет вид:

$$(1) \quad f_i(z_i, \pi_i(\cdot), t(\cdot), r_i) = t(r_i) + \pi_i(z) - c_i(z_i, r_i), \quad i \in N.$$

Целевая функция центра имеет вид:

$$(2) \quad \Phi(z, \pi(\cdot), t(\cdot), r_i) = H(z) - \sum_{i \in N} \pi_i(z) - \sum_{i \in N} t(r_i).$$

Пусть  $P(r, \pi(\cdot))$  – множество равновесий Нэша игры агентов при заданной тарифно-премиальной системе стимулирования;

$$S(r, R) = \left\{ \pi(\cdot) \mid \forall z \in P(r, \pi(\cdot)) \left| \sum_{i \in N} \pi_i(z) \leq R \right. \right\} - \text{множество премиальных систем стимулирования, таких, что для любого соответствующего равновесного вектора действий агентов суммарное премиальное стимулирование не превышает премиального фонда;}$$

ных систем стимулирования, таких, что для любого соответствующего равновесного вектора действий агентов суммарное премиальное стимулирование не превышает премиального фонда;

$$U(r, \pi(\cdot), t(\cdot)) = \left\{ z \in \mathfrak{R}_+^n \mid t(r_i) + \pi_i(z) - c_i(z_i, r_i) \geq u(r_i), i \in N \right\} -$$

множество векторов действий агентов, при которых значения их целевых функций удовлетворяют ограничениям резервной полезности.

Эффективность ТПС определим как гарантированное значение целевой функции центра на множестве решений агентов:

$$(3) \quad K(t(\cdot), \pi(\cdot), r) = \min_{z \in P(\pi(\cdot)) \cap U(r, \pi(\cdot), t(\cdot))} [H(z) - \sum_{i \in N} \pi_i(z) - \sum_{i \in N} t(r_i)].$$

Общая постановка задачи синтеза оптимальной ТПС имеет вид:

$$(4) \quad K(t(\cdot), \pi(\cdot), r) \rightarrow \max_{\pi(\cdot) \in S(r, R), t(\cdot), R \geq 0},$$

т. е. требуется найти оптимальные тарифные выплаты  $t(\cdot)$ , премиальный фонд  $R$  и правила его распределения (премиальную систему стимулирования  $\pi(\cdot)$ ), которые обеспечивали бы всем агентам в равновесии резервную полезность.

Задачу (4) вряд ли возможно решить в общем виде. Обычно на практике ее решение разбивается на три этапа. Первым этапом является задача синтеза тарифной составляющей системы стимулирования. Этот этап мы пропускаем, так как в настоящем случае в вузе уже используется, установленная государством, единая тарифная сетка.

Вторым этапом является выбор премиальной составляющей оплаты труда при фиксированной тарифной составляющей и фиксированном размере премиального фонда. В настоящей работе рассматривается именно второй этап.

Третьим этапом является выбор оптимального премиального фонда. Этот этап также не входит в задачу настоящего исследования.

## 2.2. ПОСТРОЕНИЕ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ОБРАЗОВАНИЯ В ВУЗЕ

Перейдем от общей постановки к конкретной задаче построения системы качества. Как было сказано выше, цель задачи заключается в выборе оптимальной премиальной системы оплаты труда при фиксированной тарифной составляющей и фиксированной размере премиального фонда для конкретной ОС<sup>1</sup>.

Система оценки качества описывается следующим образом<sup>2</sup>:

$$(5) \quad \left\{ \begin{array}{l} \Phi(z, \pi(\cdot)) = [H(z) - \sum_{i \in N} \pi_i(z)] \rightarrow \max_z \\ f_i(z_i, \pi_i(\cdot)) = \pi_i(z) - c_i(z_i), \\ \sum_{i \in N} C_i(z) \leq R; \end{array} \right.$$

где  $z_i = f(A(a_1, a_2, a_3), I(I_1, I_2, I_3), K(K_1, K_2, K_3))$  – обобщенная оценка<sup>3</sup> (показатель) качества работы для  $i$ -го преподавателя/студента определяется обобщенным критерием качества  $K$  (таблица 3), определяемая функциями:

$$z_i(A, I, K) = a_1 I_1 K_1 + a_2 I_2 K_2 + a_3 I_3 K_3,$$

$$A(a_1, a_2, a_3) = a_1 + a_2 + a_3 = 1;$$

$$(6) \quad I_1 = \begin{cases} 1, & \text{если удовлетворяется условие } P_1, \\ 0 & \text{в противном случае;} \end{cases}$$

<sup>1</sup> В настоящей модели рассматривается стимулирование со слабо связанными агентами.

<sup>2</sup> В целях понятности изложения в обобщенной модели системы (5) использована единая система обозначений как для ППС, так и для студентов.

<sup>3</sup> Содержательно действие  $i$ -го агента и будет оценкой работы его труда.

$$(7) \quad I_2 = \begin{cases} 1, \text{ если удовлетворяется условие } P_2, \\ 0 \text{ в противном случае;} \end{cases}$$

$$(8) \quad I_3 = \begin{cases} 1, \text{ если удовлетворяется условие } P_3, \\ 0 \text{ в противном случае;} \end{cases}$$

где  $P_1, P_2, P_3$  – условия стимулирования у преподавателей/студентов по трем критериям;  $I_1, I_2, I_3$  – функции – индикаторы выполнения условий по критериям  $K_1, K_2$  и  $K_3$  соответственно;  $c_i(z_i)$  – функция затрат  $i$ -го преподавателя/студента имеет вид (функция затрат из [13]):

$$(9) \quad c_i(z_i) = \frac{z_i^2}{2}.$$

$H(z)$  – функция дохода центра, она имеет вид:

$$(10) \quad H(z) = \sum_{i \in N} z_i.$$

$C$  – затраты на стимулирование. В модели они равны

$$(11) \quad C = C^{\text{ППС}} + C^{\text{СТУД}};$$

$$(12) \quad C^{\text{ППС}} = C_{\text{ППС}}^{\text{H}} \cdot m_{\text{ППС}}^{\text{H}} + (C_{\text{ППС}}^{\text{M1}} \cdot m_{\text{ППС}}^{\text{M1}} + C_{\text{ППС}}^{\text{M2}} \cdot m_{\text{ППС}}^{\text{M2}});$$

$$(13) \quad C^{\text{СТУД}} = C_{\text{СТУД}}^{\text{H}} \cdot m_{\text{СТУД}}^{\text{H}} + (C_{\text{СТУД}}^{\text{M1}} \cdot m_{\text{СТУД}}^{\text{M1}} + C_{\text{СТУД}}^{\text{M2}} \cdot m_{\text{СТУД}}^{\text{M2}}).$$

Здесь

$C^{\text{ППС}}$  – затраты на преподавателей;

$C^{\text{СТУД}}$  – затраты на студентов;

$m_{\text{ППС}}^{\text{H}}$  – число выбранных преподавателей на нематериальное стимулирование;

$m_{\text{ППС}}^{\text{M1}}$  – число выбранных преподавателей на материальное стимулирование по методической работе;

$m_{\text{ППС}}^{\text{M2}}$  – число выбранных преподавателей на нематериальное стимулирование по творческой работе;

$m_{\text{СТУД}}^{\text{H}}$  – число выбранных студентов на нематериальное стимулирование;

$m_{\text{СТУД}}^{\text{M1}}$  – число выбранных студентов на нематериальное стимулирование по методической работе;

$m_{\text{СТУД}}^{\text{М2}}$  – число выбранных студентов на материальное стимулирование по творческой работе.

Далее, в (5)  $\pi(z)$  – функция стимулирования системы, которая, как было указано выше, должна объединять три составляющие, учитывающие педагогический, методический и творческий фактор:

$$(14) \pi(z, C) = \pi^{(1)} + \pi^{(2)} + \pi^{(3)}.$$

Обозначим функцию стимулирования относительно ППС как  $\pi^{\text{ППС}}(z)$ , относительно студентов –  $\pi^{\text{СТУД}}(z)$ .

Задача настоящего исследования состоит в определении (выборе) оптимальной функции  $\pi(z)$ , максимизирующей целевую функцию центра  $H(z)$  с учетом финансовых ограничений  $C(R)$ .

Определены также переменные:

$K(K_1, K_2, K_3)$  – обобщенный критерий качества работы преподавателей/студентов, определяется тройкой значений критериев:  $K_1$  – педагогический критерий;  $K_2$  – методический критерий;  $K_3$  – творческий критерий;

$a_1, a_2, a_3$  – весовые коэффициенты критериев  $K_1, K_2$  и  $K_3$  соответственно; значения весов задаются экспертно [13, 14];

$R$  – фонд стимулирования.

### 3. Решение задачи

#### 3.1. ОПИСАНИЕ СТРУКТУРЫ СИСТЕМЫ

Предлагается следующая структура модели управления системы, которую условно можно представить, состоящей из двух уровней: внешней и внутренней моделей. **Внешняя модель** характеризует управление со стороны ВЫСШЕГО органа управления (в лице начальника учебного отдела). В качестве управляемой системы являются:

- деканат (в лице декана);
- кафедра (в лице зав. кафедрой);
- преподаватель;
- группа студентов.



**Внутренняя модель** характеризует сам процесс (учебное занятие).

*Критерий оценки* управления внешней модели – показатель выполнения/невыполнения (срыв) урока у преподавателя (факультета, кафедры). Это КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА.

*Критерий оценки* управления внутренней модели включает: показатели посещаемости и успеваемости студента (также количественная оценка);

показатели экспертной комиссии<sup>1</sup>, которые определяются восемью критериями качества урока. Это КАЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА.

Так как основной функцией вуза является ОБУЧЕНИЕ [11], основным процессом в вузе является учебный процесс. Процесс обучения (**учебный процесс (УП)**), по мнению авторов, это процесс проведения занятий определенным преподавателем над определенной группой студентов в определенном интервале времени (семестра/учебного года). Единицей измерения УП является **учебное занятие**.

Иерархическая структура управления модели приведена в таблице 5.

Таблица 5. Иерархическая структура образовательной деятельности

Уровень управления	Начальник	Подчиненный	Функция управления	
			ВНЕШНЯЯ МОДЕЛЬ	ВНУТРЕННЯЯ МОДЕЛЬ
0	Начальник учебного отдела	Декан Зав. кафедрой Преподаватель	Контроль и учет: – проведения занятий преподавателя	1) Контроль и учет: – посещаемости – успеваемости студентов
1	Декан	Зав. кафедрой Преподаватель		

<sup>1</sup> Следует подчеркнуть, что показатели посещаемости (критерий  $K_{11}$ ) и успеваемости (критерий  $K_{12}$ ) определяются и анализируются оперативно (с помощью АСУ) для всех ППС; а показатель качества урока (критерий  $K_2$ ) определяется экспертами.

Уровень управления	Начальник	Подчиненный	Функция управления	
			ВНЕШНЯЯ МОДЕЛЬ	ВНУТРЕННЯЯ МОДЕЛЬ
2	Зав. кафедрой	Преподаватель		2) Экспертная оценка
3	Преподаватель	Студент		

Состояние учебного процесса в целом определяется в результате сбора статистики занятий за определенный интервал времени. Каждое занятие характеризуется:

Преподавателем, ведущим занятие (КТО ОБУЧАЕТ?)

Группой обучения (КОГО ОБУЧАЕТ?)

Предметом (темой занятия) (ЧТО?)

Аудиторией (ГДЕ?)

Временем проведения занятия (КОГДА?).

В результате сбора статистики накапливаются данные о состоянии вуза; и по этим данным вычисляются критерии оценки модели.

### 3.2. ОПИСАНИЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ СТИМУЛИРОВАНИЯ

Исходные данные для построения системы (5) хранятся в так называемых справочниках, содержащих нормативы планов. К ним относятся:

диапазон значений оценок по успеваемости у студента (см. таблицу 1);

методическая оценка занятия у преподавателя (см. таблицу 2);

план показателей творческой работы (для ППС – см. таблицу 3, для студентов – см. таблицу 4).

В ходе проектирования системы были получены следующие результаты, которые приведены в таблицах:

1. Иерархическая структура системы (см. таблицу 5);
2. Показатели работы ППС/студентов (см. таблицу 6);
3. Нормативы и процесс стимулирования (см. таблицу 7);

4. Таблица перевода балла по методической работе в оценку по критерию  $K_2$  (см. таблицу 8);

5. Таблица перевода балла по творческой работе в оценку по критерию  $K_3$  и в величину материального вознаграждения (см. таблицу 10);

6. Список выполненных творческих работ у ППС (см. таблицу 11);

7. Принадлежность выполненных работ определенному рангу из множества плана работ (результат выполнения шага 3.1) (см. таблицу 12);

8. Вознаграждения преподавателей/студентов (см. таблицу 15).

Промежуточные результаты и свод данных заносятся в таблицы:

1. Оценка ППС по критерию  $K_2$  (см. таблицу 9);

2. Оценка ППС по критерию  $K_3$  (см. таблицу 13);

3. Оценка ППС по обобщенному критерию  $K(K_1, K_2, K_3)$  (см. таблицу 14).

Результаты внедрения системы в учебный процесс записаны в таблицы:

1. Проверка системы по критерию  $K_1$  (см. таблицу 16);

2. Проверка системы по критерию  $K_2$  (см. таблицу 17);

3. Проверка системы по критерию  $K_3$  (см. таблицу 18);

4. Сравнительные диаграммы экспериментов по критериям  $K_1, K_2, K_3$  и обобщенному критерию  $K$ .

Обобщенная оценка качества образования  $K(K_1, K_2, K_3)$  имеет в составе три оценки по трем критериям соответственно, шкала оценок которых состоит из десяти уровней (см. таблицу 1).

Опишем систему критериев в общей модели (см. таблицу 6). Критерий  $K$  – обобщенный критерий, он включает в себя критерии  $K_1, K_2, K_3$  для ППС и критерии  $K_1$  и  $K_2$  для студентов.  $K_1$  – педагогический критерий, он состоит из двух критериев – оценки выполнения учебного плана  $K_1$  и оценки экспертной комиссии  $K_2$ . Критерий  $K_1$  является внешним, критерии  $K_{11}$  и  $K_{12}$  внутренние, т. е.  $K_1(K_{11}, K_{12})$ . Они определяются на основе обработки статистических данных (с помощью АСУ), и, по итогам

выполнения  $K_1$  система осуществляет выбор преподавателей/студентов для нематериального стимулирования.

Дальнейшая оценка (качественная оценка) урока осуществляется экспертной комиссией по критерию  $K_2$  – методическому критерию. Он включает в себя восемь внутренних оценок (см. таблицу 2); в случае необходимости можно добавлять и другие критерии оценки.

При экспертной оценке занятия немалую роль играет фактор объективности мнений комиссии; это поддерживается тем обстоятельством, что занятие должно проводиться в виде открытого урока, тем самым обеспечивая «прозрачность» процедуры. По итогам оценки по критерию  $K_2$  преподаватели/студенты получают материальное стимулирование  $C_{ППС}^{M1}$  ( $C_{СТУД}^{M1}$ ).

Таблица 6. Показатели работы преподавателя/студента

ОБОБЩЕННЫЙ КРИТЕРИЙ $K$				
Учебная работа			Творческая работа	
1) Выполнение плана у ППС – $x^{ППС}$	$K_1$ (показатель плана)	$K_{11}$ (показатель посещаемости)	Задается ранг (норматив работ)	Критерий $K_3$
		$K_{12}$ (показатель успеваемости)		
2) Экспертная оценка урока	Критерий $K_2$ 1) для ППС ( $K_{21}, K_{22}, K_{23}, K_{24}, K_{25}, K_{26}, K_{27}, K_{28}$ ) 2) для студентов только $K_{27}$			
Выполнение плана у студентов – $x^{СТУД}$	$K_1$ (показатель плана)	$K_{11}$ (показатель посещаемости)	Задается ранг (норматив работ)	
		$K_{12}$ (показатель успеваемости)		

По итоговым данным оценок критерия  $K_2$  ППС заслуживают нематериальное (моральное) вознаграждение, которое заключается в рекомендации их на республиканские конкурсы типа «Учитель года», «Лучший преподаватель» и т.п.

По критерию  $K_3$  (для ППС см. таблицу 3; для студентов см. таблицу 4) определяются показатели творческой работы преподавателей/студентов (творческий критерий) –  $C_{ППС}^{M2}$  и  $C_{СТУД}^{M2}$  соответственно; и по ним вычисляется величина материального вознаграждения (см. таблицу 12).

Таблица 7. Нормативы и процесс стимулирования

№ шага	ППС			СТУДЕНТЫ		
	Вид стимулирования	Число стимулируемых	Содержатся во множестве	Вид стимулирования	Число стимулируемых	Содержатся во множестве
Шаг 0 (начальное состояние)	–	Общее число $N$	$\Omega_1^{ППС}$	–	Общее число $Q$	$\Omega_1^{СТУД}$
Шаг 1 (выбор по условию $P_1$ )	Нематериальное $\pi^{(1)}$ ( $C_{ППС}^H$ )	$m_{ППС}^H$	$\Omega_2^{ППС}$	Нематериальное $\pi^{(1)}$ ( $C_{СТУД}^H$ )	$m_{СТУД}^H$	$\Omega_2^{СТУД}$
Шаг 2 (выбор по условию $P_2$ )	Материальное $\pi^{(2)}$ ( $C_{ППС}^{M1}$ )	$m_{ППС}^{M1}$	$\Omega_3^{ППС}$	Материальное $\pi^{(2)}$ ( $C_{СТУД}^{M1}$ )	$m_{СТУД}^{M1}$	$\Omega_3^{СТУД}$
Шаг 3 (выбор по условию $P_3$ )	Материальное $\pi^{(3)}$ ( $C_{ППС}^{M2}$ )	$m_{ППС}^{M2}$	$\Omega_4^{ППС}$	Материальное $\pi^{(3)}$ ( $C_{СТУД}^{M2}$ )	$m_{СТУД}^{M2}$	$\Omega_4^{СТУД}$

№ шага	ППС			СТУДЕНТЫ		
	Вид стимулирувания	Число стимулируемых	Содержатся во множестве	Вид стимулирувания	Число стимулируемых	Содержатся во множестве
Шаг 4 (условие выбора – сортировка по убыванию)	Определение обобщенной оценки ППС $K^{ППС}(K_1, K_2, K_3)$ по итогам выполнения первых трех шагов и составление рейтинга ППС			Определение обобщенной оценки студентов $K^{СТУД}(K_1, K_2, K_3)$ по итогам выполнения первых трех шагов и составление рейтинга студентов		
Шаг 5	Определение общего размера вознаграждений $C_i^{ППС}$			Определение общего размера вознаграждений $C_i^{СТУД}$		

Нужно подчеркнуть, что с каждым шагом число стимулируемых преподавателей/студентов «сужается» и должно удовлетворять условиям  $P_1$ :

$$(15) \quad m_{ППС}^{M1} \subseteq m_{ППС}^H \subseteq N; \quad m_{ППС}^{M2} \subseteq m_{ППС}^H \subseteq N \quad (\text{для ППС});$$

$$(16) \quad m_{СТУД}^{M1} \subseteq m_{СТУД}^H \subseteq Q; \quad m_{СТУД}^{M2} \subseteq m_{СТУД}^H \subseteq Q \quad (\text{для студентов}),$$

где  $N$  – общее число преподавателей;  $Q$  – общее число студентов;  $m_{ППС}^{M1}$  ( $m_{ППС}^{M2}$ ) и  $m_{ППС}^H$  – число выбранных преподавателей соответственно для материального и нематериального стимулирования;  $m_{СТУД}^{M1}$  ( $m_{СТУД}^{M2}$ ) и  $m_{СТУД}^H$  – число выбранных студентов соответственно для материального и нематериального стимулирования.

### 3.3. ВЫБОР ВИДА ФУНКЦИИ СТИМУЛИРОВАНИЯ И ИХ ПАРАМЕТРОВ

На практике существуют четыре основных вида ТПС: компенсаторная, линейная, аккордная (ранговая) и бригадная. В

---

<sup>1</sup> Значения  $m_{ППС}^H$  для ППС и значения  $m_{СТУД}^H$  задаются экспертным путем.

монографии [13] подробно описан анализ и сравнительная эффективность этих систем. По результатам этого исследования эффективность компенсаторной системы стимулирования является самой высокой. Эффективность остальных же систем сравнительно одинаковая и зависит от конкретных обстоятельств.

В качестве СС в настоящей модели были использованы две системы стимулирования (СС): *квазикомпенсаторная система* (система *КК-типа*) и *унифицированная нормативная ранговая система* (*УНРСС*). Чем был обоснован этот выбор?

Выбор ККСС на первом этапе стимулирования обоснован, во-первых, тем, что именно этот вид стимулирования считается наиболее эффективным. Во-вторых, первый этап (нематериальное стимулирование) является самым важным и определяющим этапом системы.

Выбор УНРСС был сделан на основе двух причин. Во-первых, руководством вуза на основании стандарта ОСОКО принята определенная норма рангов для оценки научной деятельности ППС. Во-вторых, в [14] для стимулирования новаторского (творческого) труда была выбрана система рангов; в ней утверждается, что именно она позволяет «увязать» оплату труда и логику бизнеса и идеально подходит различным организациям, обеспечивая требуемую прозрачность, а также широко апробирована в западных организациях.

Подробно объясним, как организуется применение этих систем. На первом шаге используется *ККСС* (для нематериального стимулирования), на втором – *УНРСС* (для материального стимулирования). Материальное стимулирование представляет надбавку к окладу (премия, повышение в должности), нематериальное – грамоты, награды и почетные звания. Преподаватели/студенты, качественно выполнившие основной или учебный план количественно (проведение/посещение занятий и выполнение заданий в составе учебного плана, включающие практические, лабораторные задания), получают нематериальное вознаграждение, и, соответственно, за хорошо выполненную

вспомогательную (творческую работу) преподаватели /студенты получают материальное вознаграждение.

Объясним, каким образом были выбраны параметры функции стимулирования.

Выбор весовых коэффициентов  $a_1$ ,  $a_2$  и  $a_3$  зависит от руководства вуза. Варьируя эти коэффициенты можно влиять на качество управления ОС. В МКТУ приняты следующие нормы весов:  $a_1 = a_2 = a_3 = 0,3333$  (равноценная оценка).

К основным параметрам относятся параметры  $P_1, P_2, P_3$ . Эти параметры определяют условия выбора преподавателей/студентов для соответствующих критериев стимулирования. Параметр  $P_1$  является переменным числом, и зависит от количества выбранных преподавателей/студентов для нематериального стимулирования и фиксированной нематериальной составляющей фонда стимулирования. Остальные параметры ( $P_2$  и  $P_3$ ) имеют постоянные значения. Эти параметры были определены по результатам статистической обработки данных вуза за 2011 год по требованию стандарта НСОКО, заключающегося в определении рейтинга всех вузов Казахстана, учитывающем ключевые факторы деятельности вуза. Исходя из этих сведений, параметры имеют следующие значения:  $P_2 = 8$ ;  $P_3 = 3$ .

Например, МКТУ заняло пятое место среди многопрофильных вузов Казахстана (комплексная оценка по всем критериям) по результатам этого рейтинга в 2011 году. Надеемся, что после внедрения настоящей системы МКТУ поднимется еще выше!

#### *НЕМАТЕРИАЛЬНОЕ СТИМУЛИРОВАНИЕ.*

*Шаг 1: определение  $C_{\text{ППС}}^{\text{H}}$  и  $C_{\text{студ}}^{\text{H}}$  для преподавателей/студентов соответственно (педагогический критерий  $K_1$ ).*

По данным результатов исследований [8, 10] эффективной СС за индивидуальные результаты является система *КК-типа*, основанная на компенсации затрат агента, в данном случае преподавателя/студента. Принцип компенсации затрат является достаточным условием реализации требуемого действия:



$$(17) \sigma_{kk}(x, y) = \begin{cases} \sigma(x), y = x, \\ 0, y \neq x; \end{cases}$$

где  $x$  – план (задан из центра), постоянное число;  $y$  – выполнение (действие агента), случайное число.

Например, в производственных отношениях определение этого значения не вызывает особых проблем, так как показатель объема производства – количественная оценка.

Показатель вуза определяется не только количеством выпущенных студентов, но и их полученным качественным знанием. Именно *качественная оценка* считается важной характеристикой вуза.

Сложность определения точного значения качества образования в вузе – в неадекватной оценке работы вуза, которая проявляется в техническом аспекте, т. е. в *отсутствии автоматизации* управления вуза.

Также, ввиду многих случайных факторов (праздники, болезни ППС и т.д.) точное выполнение плана маловероятно, поэтому, целесообразно внести некоторое изменение в выражение (17), которое заключается в замене величины несоответствия ее дисперсией:

$$(18) z(x, y) = D(x, y)$$

– функция дисперсии несоответствия плана  $x$  и выполнения  $y$ ;

$$(19) z^*(x, y) = \arg \min_z \{z(x, y)\}$$

– показатель оптимального плана для центра, т.е. минимального (допустимого) отклонения.

$$(20) \sigma_{kk}(z) = \begin{cases} C, z = z^*, \\ 0, z \neq z^*. \end{cases}$$

Здесь  $C$  – величина стимулирования (надбавка к окладу). В модели используются два вида стимулирования: нематериальное и материальное.

Подробно опишем порядок выполнения расчета выражения (18). Для этого следует определить групповую дисперсию [13]:

$$(21) D_{i\text{гр}}(y, \bar{y}) = \sum n_k (y_k - \bar{y}_k)^2 / N_i,$$

где  $n_k$  – частота значений  $y_k$ ;  $i$  – номер группы;  $\bar{y}_k$  – среднее значение группы  $i$ ;  $k = 1, 2, \dots, 10$  – уровни качества;  $N_i = \sum n_k$  – число студентов в группе  $i$ ;  $N = \sum N_i$  – число преподавателей.

Следует подчеркнуть, что выражение (21) в настоящей модели авторами было преобразовано в следующее:

$$(22) D_{i_{гр}}(y, x) = \sum_{k=1}^{10} n_{ki}(y_{ki} - x) / N_i.$$

Содержательно значение  $D_{i_{гр}}$  в (22) представляет собой дисперсию отклонения случайной величины (выполнения)  $y_k$  от плана  $x$ , а не дисперсию отклонения случайной величины от среднего значения  $\bar{y}_k$ , как принято. Итак, вместо значения  $\bar{y}_k$  в (22) было подставлено фиксированное значение плана  $x$ . Далее по итогам анализа действий преподавателей/студентов система определяет те объекты, которые минимально отклонились от плана (19).

Опишем выражения (18)–(19) с учетом двух показателей (успеваемости и посещаемости):

$$z^{ппс}(x_i, y_i) = D(x_i^{ппс}, y_i^{ппс}) = z^{ппс}(x_i(x_j^{пос}, x_j^{усп}), y_i(y_j^{пос}, y_j^{усп}))$$

– функция качества урока (дисперсия отклонения от плана)  $i$ -го преподавателя,  $i = \overline{1, N}$ ;

$$z_j^{ппс*} = \arg \min_{D_j(x_i^{ппс}, y_i^{ппс})} \{z^{ппс}(x_i(x_j^{пос}, x_j^{усп}), y_i(y_j^{пос}, y_j^{усп}))\}$$

– подмножество выбора преподавателей для нематериального стимулирования.

Функция качества урока зависит  $z^{ппс}(x_i, y_i)$  от двух аргументов: от агрегированной оценки выполнения  $y$   $i$ -го преподавателя  $y_i(y_j^{пос}, y_j^{усп})$  и от агрегированной оценки плана

$i$ -го преподавателя<sup>1</sup>  $x_i(x_j^{ПОР}, x_j^{УСП})$ . Расчет этой функции производится по методике из [23].

Далее, по известным агрегированным оценкам плана и выполнения определяется дисперсия отклонения от плана у  $i$ -го преподавателя (в ее основе лежит выражение (20)):

$$(23) z^{ППС}(x_i, y_i) = \sum_{p=1}^{pp} \left( \sum_{q=1}^{qp} n_{qp}^{(i)} (y_{qp}^{(i)} - x_p^{(i)}) / N_p^{(i)} \right);$$

$$q = \overline{1, qp}; \quad p = \overline{1, pp}.$$

Следует подчеркнуть, что по учебному плану у каждого ППС имеются  $qp$  студентов и  $pp$  предметов, по которым он ведет занятие. Значения отклонений  $z^{ППС}(x_i, y_i)$  по всем  $pp$  предметам у  $i$ -го преподавателя складываются (21), затем нормируются коэффициентом нормировки по количеству предметов:

$$(24) z^{ППС}(x_i, y_i) \times \frac{1}{pp}.$$

Функция качества урока для студентов определяется аналогично, как у ППС:

$$(25) z^{СТУД}(x_i, y_i) = D(x_i^{СТУД}, y_i^{СТУД}) = z^{СТУД}(x_i(x_j^{ПОР}, x_j^{УСП}), y_i(y_j^{ПОР}, y_j^{УСП}))$$

– функция качества урока у  $i$ -го студента,  $i = \overline{1, Q}$

$$(26) z_j^{СТУД*} = \arg \min_{D_j(x_i^{СТУД}, y_i^{СТУД})} \{z^{СТУД}(x_i(x_j^{ПОР}, x_j^{УСП}), y_i(y_j^{ПОР}, y_j^{УСП}))\}$$

– функция минимизации дисперсии (качества) у  $j$ -го студента,

$$j = \overline{1, m_{СТУД}^H}.$$

Процедура агрегирования оценок для студентов выполняется аналогично (см. таблицу 5).

В явном виде функция качества урока для студентов вычисляется следующим образом:

<sup>1</sup> План по успеваемости по специальным предметам должен быть выше, чем по сервисным предметам.

$$(27) z^{\text{СТУД}}(x_i, y_i) = \sum_{p=1}^{ps} n_{p_i} (y_{p_i} - x_{p_i}) / N_i; p = \overline{1, ps},$$

где  $ps$  – номер предмета.

Опишем условия выбора преподавателя. На шаге 0 (см. таблицу 4), когда не производилось стимулирование, общее число участвующих в конкурсе агентов было  $N$  преподавателей и  $Q$  студентов, и все  $N$  агентов принадлежали множеству  $\Omega_1^{\text{ППС}}$ , т. е.  $\forall z_i^{\text{ППС}} \in \Omega_1^{\text{ППС}}$ . Далее, на шаге 1 – при нематериальном стимулировании их число уже сократилось, т. е.  $\forall z_j^{\text{ППС}} \in \Omega_2^{\text{ППС}}$  (причем  $\Omega_2^{\text{ППС}} \in \Omega_1^{\text{ППС}}$ ). Дальше, при материальном стимулировании число стимулируемых также будет сокращаться, причем два раза: при выборе критерия  $K_2$  (шаг 2) и при выборе критерия  $K_3$  (шаг 3). И в конце процесса, на шаге 4, находится обобщенная оценка преподавателей/студентов и по этим оценкам составляется их рейтинг.

$$(28) P_1 \rightarrow I_1(m_{\text{ППС}}^{\text{Н}}) = \begin{cases} 1, z_i^{\text{ППС}} \in \Omega_2^{\text{ППС}}, & (\text{условие } P_1 \text{ для ППС}); \\ 0, z_i^{\text{ППС}} \notin \Omega_2^{\text{ППС}}; \end{cases}$$

$$(29) P_1 \rightarrow I_1(m_{\text{СТУД}}^{\text{Н}}) = \begin{cases} 1, z_i^{\text{СТУД}} \in \Omega_2^{\text{СТУД}}, & (\text{условие } P_1 \text{ для студен-} \\ 0, z_i^{\text{СТУД}} \notin \Omega_2^{\text{СТУД}}; \end{cases}$$

тов).

Число выбранных преподавателей для нематериального стимулирования равно  $m_{\text{ППС}}^{\text{Н}}$ , число выбранных студентов –  $m_{\text{СТУД}}^{\text{Н}}$ . Результаты обработки записываются в таблицу, содержащую следующие значения:

- $z^{\text{СТУД}}(x_i, y_i)$  (дисперсия отклонения от плана);
- $K(K_1, 0, 0)$  (оценка по критерию  $K_1$ );
- $I_1$  ( функция выбора по условию  $P_1$ );
- $m_{\text{ППС}}^{\text{Н}}$  (число выбранных преподавателей по условию  $P_1$ ).

Определение оценки у ППС по критерию  $K_1$ :

$$(30) K^{\text{ППС}}(K_1, 0, 0) = \frac{1}{z^{\text{ППС}}(x_i, y_i)} \quad (\text{для ППС}).$$

$$(31) K^{\text{СТУД}}(K_1, 0, 0) = \frac{1}{z^{\text{СТУД}}(x_i, y_i)} \text{ (для студентов).}$$

Опишем смысл ранговых систем, широко используемых на практике [13, 14]. Их преимуществом является то, что центру необязательно знать все действия агента/агентов, а достаточно знать только критерий (диапазон) принадлежности агента/агентов. Для реализации материального стимулирования в работе используется унифицированная нормативная ранговая система стимулирования (УНРСС), в которой величина вознаграждения определяется принадлежностью показателя его работы наперед заданному множеству – нормативу.

### МАТЕРИАЛЬНОЕ СТИМУЛИРОВАНИЕ

*Шаг 2: определение  $C_{\text{ППС}}^{\text{M1}}$  и  $C_{\text{СТУД}}^{\text{M1}}$  для ППС/студентов соответственно (критерий по методической работе  $K_2$ ).*

Задается множество показателей урока (см. таблицу 2). Пусть имеется команда экспертов в составе  $m$  человек. Они должны дать оценку проведенного занятия для  $m_{\text{ППС}}^{\text{H}}$  преподавателей, отобранных на предыдущем этапе.

$$(32) B_1 = (\sum_{l=1}^m b_{1l}) / m, B_2 = (\sum_{l=1}^m b_{2l}) / m, \dots, B_8 = (\sum_{l=1}^m b_{8l}) / m$$

– средний балл экспертов по  $h$ -му критерию;

$$(33) B_{\text{метод}}^{\text{ППС}} = \frac{B_1 + B_2 + \dots + B_8}{8}$$

– общая оценка экспертов за урок у ППС.

$B_{\text{метод}}^{\text{ППС}} = B_{27}$  – оценка экспертов за урок у студента, здесь учитывается только критерий  $K_{27}$ . Во время оценки экспертов одновременно выявляются оценки студентов по уровню знаний и применению их на практике (внутренний критерий  $K_{27}$ ).

Условие выбора преподавателей/студентов для материального стимулирования  $P_2$  определяется следующим образом:

$$(34) P_2 \rightarrow I_2(P) = \begin{cases} 1, & B_{\text{метод}}^{\text{ППС}} \geq P, \\ 0, & B_{\text{метод}}^{\text{ППС}} < P; \end{cases} \text{ (условие } P_2 \text{ для ППС);}$$

$$(35) P_2 \rightarrow I_2(P) = \begin{cases} 1, & B_{\text{метод}}^{\text{СТУД}} \geq P, \\ 0, & B_{\text{метод}}^{\text{СТУД}} < P; \end{cases} \quad (\text{условие } P_2 \text{ для студентов}),$$

где  $P_2$  – функция – индикатор, зависящий от величины «порога»  $P$  (задается экспертами). По содержанию это означает, что только те преподаватели/студенты имеют право на материальное вознаграждение  $C_{\text{ППС}}^{\text{МИ}}$  и  $C_{\text{СТУД}}^{\text{МИ}}$  соответственно, у кого был набран балл выше указанного «порога». Величина вознаграждения  $C_{\text{ППС}}^{\text{МИ}}$  ( $C_{\text{СТУД}}^{\text{МИ}}$ ) является одинаковой для всех преподавателей (и одинаковой для всех студентов), подлежащих стимулированию по методическому критерию.

Как было сказано выше, показатель качества работы  $K(K_1, K_2, K_3)$  имеет 10-балльную шкалу оценок (см. таблицу 1). Перевод балла по методической работе  $B_{\text{метод}}$  в этот показатель качества по критерию  $K_2$  производится по таблице 8 (состоит из 10 рангов<sup>1</sup>). Далее, результаты обработки данных для ППС записываются в таблицу 9. Для студентов выполняется аналогично.

Таблица 8. Перевод балла  $B_{\text{метод}}$  преподавателей/студентов в оценку по критерию  $K_2$

Балл по методической работе $B_{\text{метод}}$	Оценка по критерию $K(0, K_2, 0)$	Качественная оценка
0–1 баллов	1	Плохо
1–2 баллов	2	Плохо
2–3 баллов	3	Удовлетворительно
3–4 баллов	4	Удовлетворительно
4–5 баллов	5	Удовлетворительно
5–6 баллов	6	Хорошо

<sup>1</sup> Ранжирование оценок производится аналогично системе рангов  $\Gamma_3 = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10\}$  (см. шаг 3 настоящего раздела) с той разницей, что в первом случае – размерность  $B_{\text{метод}}$  находится в диапазоне  $[0 \div 10]$ , в то время как во втором  $B_{\text{твор}}$  находится в диапазоне  $[0 \div 100]$ .

Балл по методической работе $V_{\text{метод}}$	Оценка по критерию $K(0, K_2, 0)$	Качественная оценка
6–7 баллов	7	Хорошо
7–8 баллов	8	Хорошо
8–9 баллов	9	Отлично
9–10 баллов	10	Отлично

Таблица 9. Оценка ППС по критерию  $K_2$

№ ППС	Балл по методической работе $V_{\text{метод}}^{\text{ППС}}$	Обобщенная оценка $K(0, K_2, 0)$ по критерию $K_2$	Функция выбора $I_2$	Выбор $t_{\text{ППС}}^{\text{M1}}$ преподавателей по условию $P_2$	Величина вознаграждения <sup>1</sup> $C_{\text{ППС}}^{\text{M1}}$
...	...	...	...	...	...

Шаг 3: определение  $C_{\text{ППС}}^{\text{M2}}$  и  $C_{\text{студ}}^{\text{M2}}$  для преподавателей / студентов соответственно (критерий по творческой работе  $K_3$ ).

Задаются следующие системы множеств:

- множество планов работ для ППС (8 рангов, см. таблицу 3) и для студентов (5 рангов, см. таблицу 4);
- множество показателей стимулирования ППС (10 рангов) и студентов (10 рангов) (см. таблицу 8).

Таблица 10. Перевод балла  $V_{\text{твор}}$  преподавателей/студентов в оценку по критерию  $K_3$  и в величину материального вознаграждения<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Величина вознаграждения  $C_{\text{ППС}}^{\text{M1}}$  у всех ППС одинаковая. У студентов аналогично.

<sup>2</sup> Система перевода баллов творческой работы ППС/студентов утверждена Учебно-методическим советом МКТУ им. А. Ясауи

Нижняя граница	Верхняя граница	Ранг (Балл по критерию $K_3$ )	Материальное вознаграждение для ППС	Материальное вознаграждение для студентов
0	10	1	$C_{ППС_1}^{M2}$	$C_{СТУД_1}^{M2}$
10	20	2	$C_{ППС_2}^{M2}$	$C_{СТУД_2}^{M2}$
21	30	3	$C_{ППС_3}^{M2}$	$C_{СТУД_3}^{M2}$
31	40	4	$C_{ППС_4}^{M2}$	$C_{СТУД_4}^{M2}$
41	50	5	$C_{ППС_5}^{M2}$	$C_{СТУД_5}^{M2}$
51	60	6	$C_{ППС_6}^{M2}$	$C_{СТУД_6}^{M2}$
61	70	7	$C_{ППС_7}^{M2}$	$C_{СТУД_7}^{M2}$
71	80	8	$C_{ППС_8}^{M2}$	$C_{СТУД_8}^{M2}$
81	90	9	$C_{ППС_9}^{M2}$	$C_{СТУД_9}^{M2}$
90	100 и выше	10	$C_{ППС_{10}}^{M2}$	$C_{СТУД_{10}}^{M2}$

Таблица 11. Список выполненных творческих работ у ППС (на примере одного преподавателя)

№	Творческая работа ( $r_k$ )
1	Доклад по теме «Внутренняя система качества образования в вузе» на Международной научно-методической конференции «Инновационное обучение физике, математике и информатике: актуальные вопросы и перспективы», г. Шымкент, 2010 г.
2	Доклад по теме «Корпоративная сеть вуза» на Международной конференции «Роль и значение телекоммуникации и информационных технологий в современном обществе», г. Ташкент, 2010 г.
3	Системы оценки качеством образования // Учебное пособие, г. Астана, 2010 г. Министерство Образования Республики Казахстан



№	Творческая работа ( $r_k$ )
4	Сертификат о завершении научной стажировки в ИПУ РАН, Договор №184 от 17.09.2009 г. Программы Болашак, г. Астана
5	Статья на тему «Особенности разработки АСУ вуза» в научном журнале «Поиск», г. Алматы, 2011

Таблица 12. Принадлежность выполненных работ определенному рангу из множества плана работ (результат выполнения шага 3.1) (на примере одного преподавателя)

№	Творческая работа ( $r_k$ )	Ранг ( $k$ )	Число ( $n_k$ )	Балл ( $b_k$ )
1	Доклад по теме «Внутренняя система качества образования в вузе» на Международной научно-методической конференции «Инновационное обучение физике, математике и информатике: актуальные вопросы и перспективы», г. Шымкент, 2010 г.	3	3 работы по 3-му рангу	5
2	Доклад по теме «Корпоративная сеть вуза» на Международной конференции «Роль и значение телекоммуникации и информационных технологий в современном обществе», г. Ташкент, 2010 г.	3		5
3	Статья на тему «Особенности разработки АСУ вуза» в научном журнале «Поиск», г. Алматы, 2011 г.	3		5
4	Системы оценки	4	1 работа	10

№	Творческая работа ( $r_k$ )	Ранг ( $k$ )	Число ( $n_k$ )	Балл ( $b_k$ )
	качеством образования // Учебное пособие, г. Астана, 2010 г. Министерство Образования Республики Казахстан		по 4-му рангу	
5	Сертификат о завершении научной стажировки в ИПУ РАН, Договор № 184 от 17.09.2009 Программы Болашак, г. Астана	5	1 работа по 5-му рангу	15
Общий балл ( $B_{\text{твор}}^{\text{ППС}}$ )		40		

Алгоритм определения состоит из двух внутренних шагов:

Определение принадлежности выполненных работ преподавателей/студентов определенному рангу из множества плана работ, который включает выбор вектора принадлежности  $T(k)$ , вычисление числа работ для каждого ранга  $n(k)$  и определение общего балла выполнения творческой работы  $B_{\text{твор}}^{\text{ППС}}$  и  $B_{\text{твор}}^{\text{СТУД}}$  соответственно.

Результаты обработки записываются в таблицу 13.

Определение принадлежности уже известного общего балла выполнения  $B_{\text{твор}}^{\text{ППС}}$  и  $B_{\text{твор}}^{\text{СТУД}}$  соответственно определенному рангу из множества показателей стимулирования, которое включает определение балла по критерию  $K_3$  и величины стимулирования  $C_{\text{ППС}}^{\text{M2}}$  и  $C_{\text{СТУД}}^{\text{M2}}$  соответственно. Результаты обработки записываются в таблицу 15.

### Шаг 3.1.

Введем обозначения:

$\Gamma_1 = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8\}$  – множество возможных рангов для работ для ППС (см. таблицу 3);

$\Gamma_2 = \{1, 2, 3, 4, 5\}$  – множество возможных рангов для работ для студентов (см. таблицу 4);

$\{b^{ППС}_k\}, k = \overline{1,8}$ , – совокупность неотрицательных чисел, соответствующих баллам ППС за «попадание» в различные ранги;

$\{b^{СТУД}_k\}, k = \overline{1,5}$ , – совокупность неотрицательных чисел, соответствующих баллам студентов за «попадание» в различные ранги;

$\{y_k^{ППС^{M^2}}\} \rightarrow \Gamma_1$  – функция выполнения (действий) творческой работы ППС по  $k$ -му рангу (для студентов соответственно  $\{y_k^{СТУД^{M^2}}\} \rightarrow \Gamma_2$ ;

$\{n_k\}$  – число работ по рангу  $k$ .

Модель УНРСС задается в виде кортежа:

$\{\Gamma_1, \{y_k^{ППС^{M^2}}\}, \{n_k\}, \{b^{ППС}_k\}\}$  – для ППС,

$\{\Gamma_2, \{y_k^{СТУД^{M^2}}\}, \{n_k\}, \{b^{СТУД}_k\}\}$  – для студентов.

Размерность шкалы показателей (рангов) работы для ППС равно 8, для студентов – 5.

Введем вектор  $Y = (Y_1, Y_2, \dots, Y_8)$  такой, что  $0 \leq Y_1 \leq Y_2 \leq \dots \leq Y_8$ , который определяет некоторое разбиение множества действий ППС. Для студентов введем вектор  $Y = (Y_1, Y_2, \dots, Y_5)$  такой, что  $0 \leq Y_1 \leq Y_2 \leq \dots \leq Y_5$ . Балл по критерию  $K_3$  для преподавателей/студентов соответственно определяется выражением:

$$(36) B_{\text{твор}}^{ППС}(y_k^{ППС^{M^2}}, n_k, b_k^{ППС}) = \sum_{k=1}^8 n_k b_k^{ППС} T(k); \quad y_k^{ППС^{M^2}} \in [Y_{k-1}, Y_k],$$

$$(37) B_{\text{твор}}^{СТУД}(y_k^{СТУД^{M^2}}, n_k, b_k^{СТУД}) = \sum_{k=1}^5 n_k b_k^{СТУД} T(k); \quad y_k^{СТУД^{M^2}} \in [Y_{k-1}, Y_k],$$

$$T(k) = \begin{cases} 1, & k \in Y_k \\ 0, & k \notin Y_k \end{cases} \text{ – функция-индикатор,}$$

$$Y_0 = 0; \quad b^{ППС}_0 = 0 \text{ (для ППС);}$$

$$Y_0 = 0; \quad b^{СТУД}_0 = 0 \text{ (для студентов).}$$

Результаты обработки данных для ППС записываются в следующую таблицу:

Таблица 13. Оценка ППС по критерию  $K_3$  (результат выполнения шага 3.2)

№ППС	Балл по творческой работе $B_{твор}^{ППС}$	Обобщенная оценка $K(0, 0, K_3)$ по критерию $K_3$	Функция выбора $I_3$	Выбор преподавателей по условию $P_3$ $m_{ППС}^{M2}$	Величина вознаграждения $C_{ППС}^{M2}$
...	...	...	...	...	...

Шаг 3.2.

Введем обозначения:

$i = \{1, 2, \dots, m_{ППС}^{M2}\}$  – множество преподавателей/студентов для стимулирования с соответствующим баллом  $B_{твор}^{ППС}$  и  $B_{твор}^{СТУД}$  соответственно (для студентов  $i = \{1, 2, \dots, m_{СТУД}^{M2}\}$ );

$\Gamma_3 = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10\}$  – множество возможных рангов для преподавателей/студентов (см. таблицу 10);

$\{C_{ППС}^{M2_j}\}, j = \overline{1, m_{ППС}^{M2}}$  – совокупность  $m_{ППС}^{M2}$  неотрицательных чисел, соответствующих вознаграждениям за «попадание» в различные ранги (для студентов  $\{C_{СТУД}^{M2_j}\}$ );

$\{x_{ППС}^{M2_j}\}$  – функция плана по творческой работе (для студентов  $\{x_{СТУД}^{M2_j}\}$ );

$\{y_{ППС}^{M2_j}\} \rightarrow \Gamma_3$  – функция выполнения (действий) научной работы у  $i$ -го преподавателя;  $i = \overline{1, m_{ППС}^{M2}}$  (для студентов  $\{y_{СТУД}^{M2_j}\}; i = \overline{1, m_{СТУД}^{M2}}$ ).

Модель УНРСС для ППС задается в виде кортежа

$\{\Gamma_3, \{m_{ППС}^{M2}\}, \{x_{ППС}^{M2_j}\}, \{y_{ППС}^{M2_j}\}\}$  – для ППС,

$\{\Gamma_3, \{m_{СТУД}^{M2}\}, \{x_{СТУД}^{M2_j}\}, \{y_{СТУД}^{M2_j}\}\}$  – для студентов.

Размерность УНРСС (число рангов) здесь и для ППС и для студентов равно 10.

Введем вектор  $Y = (Y_1, Y_2, \dots, Y_{m_{\text{ППС}}})$  такой, что  $0 \leq Y_1 \leq Y_2 \leq \dots \leq Y_{m_{\text{ППС}}} < +\infty$ , который определяет некоторое разбиение множества действий ППС. Балл по критерию  $K_3$  для преподавателей/студентов определяется как:

$$(38) K(0,0,K_3) = B_{\text{твор}}^{\text{ППС}} T(\cdot); \quad y_{\text{ППС}}^{M2_i} \in [Y_j, Y_{j+1}) \text{ (для ППС);}$$

$$(39) K(0,0,K_3) = B_{\text{твор}}^{\text{СТУД}} T(\cdot); \quad y_{\text{СТУД}}^{M2_i} \in [Y_j, Y_{j+1}) \text{ (для студентов).}$$

Вознаграждение для преподавателей/студентов определяется выражением:

$$(40) \sigma_i(y_{\text{ППС}}^{M2_j}(B_{\text{твор}}^{\text{ППС}}), C_{\text{ППС}}^{M2_j}) = C_{\text{ППС}}^{M2_j} T(\cdot), \quad y_{\text{ППС}}^{M2_i} \in [Y_j, Y_{j+1}) \text{ (для ППС),}$$

$$(41) \sigma_i(y_{\text{СТУД}}^{M2_j}(B_{\text{твор}}^{\text{СТУД}}), C_{\text{СТУД}}^{M2_j}) = C_{\text{СТУД}}^{M2_j} T(\cdot),$$

$$y_{\text{СТУД}}^{M2_i} \in [Y_j, Y_{j+1}) \text{ (для студентов),}$$

где  $T(\cdot)$  – функция-индикатор,

$$(42) T(\cdot) = \begin{cases} 1, & B_{\text{твор}}^{\text{ППС}} \in Y_j, \\ 0, & B_{\text{твор}}^{\text{ППС}} \notin Y_j; \end{cases} \text{ (для ППС);}$$

$$(43) T(\cdot) = \begin{cases} 1, & B_{\text{твор}}^{\text{СТУД}} \in Y_j, \\ 0, & B_{\text{твор}}^{\text{СТУД}} \notin Y_j; \end{cases} \text{ (для студентов).}$$

$$T(\cdot) = \begin{cases} 1, & B_{\text{твор}}^{\text{ППС}} \in Y_j, \\ 0, & B_{\text{твор}}^{\text{ППС}} \notin Y_j; \end{cases} \text{ Здесь } Y_0 = 0, \quad C_{\text{ППС}}^{M2_0} = 0 \text{ (для ППС) и}$$

$$Y_0 = 0, \quad C_{\text{СТУД}}^{M2_0} = 0 \text{ (для студентов).}$$

Условие выбора преподавателя/студентов для материального стимулирования  $P_3$  определяется следующим образом:

$$(44) P_3 \rightarrow I_3(P) = \begin{cases} 1, & B_{\text{метод}}^{\text{ППС}} \geq P, \\ 0, & B_{\text{метод}}^{\text{ППС}} < P; \end{cases} \text{ (для ППС);}$$

$$(45) P_3 \rightarrow I_3(P) = \begin{cases} 1, & B_{\text{метод}}^{\text{СТУД}} \geq P, \\ 0, & B_{\text{метод}}^{\text{СТУД}} < P; \end{cases} \text{ (для студентов).}$$

где  $P_3$  – функция – индикатор, зависящий от величины «порога»  $P$  (задается экспертами). По содержанию это означает, что

только те преподаватели/студенты имеют право на материальное вознаграждение  $C_{\text{ППС}}^{\text{M2}}$  и  $C_{\text{СТУД}}^{\text{M2}}$  соответственно, у кого был набран балл выше указанного «порога».

Обобщенная оценка определяется следующим образом:

$$(46) Z_i^{\text{ППС}} = a_1 * I_1 * K^{\text{ППС}}(K_1, 0, 0) + a_2 * I_2 * K^{\text{ППС}}(0, K_2, 0) + a_2 * I_2 * K^{\text{ППС}}(0, K_2, 0) + a_3 * I_3 * K^{\text{ППС}}(0, 0, K_3) \quad (\text{для ППС});$$

$$(47) Z_i^{\text{СТУД}} = a_1 * I_1 * K^{\text{СТУД}}(K_1, 0, 0) + a_2 * I_2 * K^{\text{СТУД}}(0, K_2, 0) + a_2 * I_2 * K^{\text{СТУД}}(0, K_2, 0) + a_3 * I_3 * K^{\text{СТУД}}(0, 0, K_3)$$

(для студентов).

Результаты обработки записываются в следующую таблицу:

Таблица 14. Итоговая таблица качества работы ППС (Оценка по обобщенному критерию  $K(K_1, K_2, K_3)$ )

№ ППС	$K(K_1, K_2, K_3)$			$I(I_1, I_2, I_3)$			$Z(A, I, K)$
	$K_1$	$K_2$	$K_3$	$I_1$	$I_2$	$I_3$	
...	...	...	...	...	...	...	...

Шаг 5: Определение размеров вознаграждений  $c_i$ .

Теперь определим размеры вознаграждений для преподавателей/студентов. Они зависят от результатов деятельности агентов (от полученных оценок  $z$ ) и должны удовлетворять соответствующим финансовым ограничениям (см. таблицу 15).

Для студентов размеры вознаграждений определяются аналогично.

Определим величину вознаграждения для ППС, в зависимости от ранга  $r$ :

$$(48) C_{\text{ППС}}^{r, \text{M1}} = \alpha_r c_i^{\text{ППС}(2)},$$

где  $\alpha_r$  – вес ранга по творческой работе. В МКТУ приняты следующие нормы:  $\alpha_1 = 0,05$ ;  $\alpha_2 = 0,1$ ;  $\alpha_3 = 0,05$ ;  $\alpha_4 = 0,2$ ;  $\alpha_5 = 0,12$ ;  $\alpha_6 = 0,16$ ;  $\alpha_7 = 0,14$  и  $\alpha_8 = 0,18$   $\left( \sum_{r=1}^8 \alpha_r = 1 \right)$ .

Общий размер вознаграждения (премии) у  $i$ -го преподавателя/студента образуется в результате объединения вознаграждений по трем составляющим:

$$(49) c_i^{\text{ппс}} = c_i^{\text{ппс}(1)} + c_i^{\text{ппс}(2)} + c_i^{\text{ппс}(3)};$$

$$(50) c_i^{\text{студ}} = c_i^{\text{студ}(1)} + c_i^{\text{студ}(2)} + c_i^{\text{студ}(3)}.$$

Таблица 15. Размеры вознаграждений ППС

Виды стимулирования	Выбранная система (функция) стимулирования	Вознаграждение
Нематериальное	Компенсаторная $\pi_{\text{ППС}_j}^{(1)}(z^{\text{ППС}}(K_1), c_i^{\text{ППС}(1)})$	$c_i^{\text{ппс}(1)} = \frac{C_{\text{ППС}}^{\text{H}}}{m_{\text{ППС}}^{\text{H}}}$
Материальное 1	Ранговая <sup>1</sup> $\pi_{\text{ППС}_j}^{(2)}(z^{\text{ППС}}(K_2), c_i^{\text{ППС}(2)})$	$c_i^{\text{ппс}(2)} = \frac{C_{\text{ППС}}^{\text{M1}}}{m_{\text{ППС}}^{\text{M1}}}$
Материальное 2	Ранговая $\pi_{\text{ППС}_j}^{(3)}(z^{\text{ППС}}(K_3), c_i^{\text{ППС}(3)})$	$c_i^{\text{ппс}(3)} = \frac{C_{\text{ППС}}^{\text{M2}}}{m_{\text{ППС}}^{\text{M2}}}$
Общий фонд стимулирования для ППС	$C_{\text{ППС}} = C_{\text{ППС}}^{\text{H}} + C_{\text{ППС}}^{\text{M1}} + C_{\text{ППС}}^{\text{M2}}$	

#### 4. Описание алгоритма системы

1) Выбор преподавателей/студентов для нематериального стимулирования<sup>2</sup> (шаг 1, см. таблицу 4):

1.1. Задание выполненных баллов по успеваемости и посещаемости:

$$- y_i(y^{\text{пос}}, y^{\text{усп}}) \text{ для ППС};$$

<sup>1</sup> Ранговая система для этого вида стимулирования, как было указано выше, имеет только 2 ранга (выполнившие план получают вознаграждение ( $r = 1$ ), невыполнившие – нет ( $r = 0$ )).

<sup>2</sup> Для реализации нематериального стимулирования в модели используется квазикомпенсаторная СС (ККСС).

–  $y_i(y^{\text{ПОС}}, y^{\text{УСП}})$  для студентов.

1.2. Определение агрегированной оценки  $y_i$  для преподавателя/студентов по схеме из [23].

1.3. Определение дисперсии отклонения от плана:

–  $z^{\text{ППС}}(x_i, y_i)$  для ППС по (23) и нормировка по (24);

–  $z^{\text{СТУД}}(x_i, y_i)$  для студентов по (27).

1.4. Определение оценки  $K(K_1, 0, 0)$  по критерию  $K_1$ :

–  $K^{\text{ППС}}(K_1, 0, 0)$  по (30);

–  $K^{\text{СТУД}}(K_1, 0, 0)$  по (31).

1.5. Выбор преподавателей/студентов, подлежащих стимулированию:

–  $m_{\text{ППС}}^{\text{Н}}$  из  $N$  по условию  $P_1$  по (28);

–  $m_{\text{СТУД}}^{\text{Н}}$  из  $Q$  по условию  $P_1$  по (29).

1.6. Запись результатов обработки.

2) Выбор преподавателей/студентов для материального стимулирования<sup>1</sup>:

2.1. Материальное стимулирование ППС по методическому критерию (шаг 2, см. таблицу 4).

2.1.1. Экспертная оценка проведения урока  $m_{\text{ППС}}^{\text{Н}}$  преподавателей.

2.1.2. Определение балла по методической работе:

–  $B_{\text{метод}}^{\text{ППС}}$  для ППС по (32)–(33);

–  $B_{\text{метод}}^{\text{СТУД}}$  для студентов по (34).

2.1.3. Определение оценки  $K(0, K_2, 0)$  по критерию  $K_2$  (см. таблицу 8).

2.1.4. Выбор преподавателей/студентов, подлежащих стимулированию:

–  $m_{\text{ППС}}^{\text{М1}}$  из  $m_{\text{ППС}}^{\text{Н}}$  по условию  $P_2$  по (34);

–  $m_{\text{СТУД}}^{\text{М1}}$  из  $m_{\text{СТУД}}^{\text{Н}}$  по условию  $P_2$  по (35).

---

<sup>1</sup> Для реализации материального стимулирования в модели используется унифицированная нормативная ранговая СС (УНРСС).



2.2. Материальное стимулирование ППС по творческому критерию (шаг 3, см. таблицу 4).

2.2.1. Задание плана работ для ППС (8 рангов) по таблице 3 и для студентов (5 рангов) по таблице 4.

2.2.2. Задание списка выполненных работ у преподавателей/студентов (см. примерную таблицу 11).

2.2.3. Задание показателей стимулирования преподавателей/студентов по таблице 12.

2.2.4. Определение балла по творческой работе:

–  $B_{\text{метод}}^{\text{ППС}}$  для ППС по (36);

–  $B_{\text{метод}}^{\text{СТУД}}$  для студентов по (37).

2.2.5. Определение принадлежности преподавателя/студента определенному рангу по таблице 12.

2.2.6. Определение оценки  $K(0, 0, K_3)$  по критерию  $K_3$  по баллу из таблицы 11:

–  $K^{\text{ППС}}(0, 0, K_3)$  для ППС по (28);

–  $K^{\text{СТУД}}(0, 0, K_3)$  для студентов по (29).

2.2.7. Выбор преподавателей/студентов, подлежащих стимулированию:

–  $m_{\text{ППС}}^{\text{M2}}$  из  $m_{\text{ППС}}^{\text{H}}$  по условию  $P_3$  по (34);

–  $m_{\text{СТУД}}^{\text{M2}}$  из  $m_{\text{СТУД}}^{\text{H}}$  по условию  $P_3$  по (35).

2.2.8. Определение величины вознаграждения:

–  $C_{\text{ППС}}^{\text{M2}}$  для ППС по (38);

–  $C_{\text{ППС}}^{\text{M2}}$  для студентов по (39).

2.2.9. Запись результатов обработки в таблицу 13, для студентов – аналогично.

3) Определение обобщенной оценки  $Z(K)$  по обобщенному критерию  $K(K_1, K_2, K_3)$  (шаг 4, см. таблицу 4).

3.1. Объединение результатов таблиц 9, 13 для ППС в итоговую таблицу 14, для студентов – аналогично.

3.2. Определение обобщенной оценки  $Z(K)$ :

–  $Z_i^{\text{ППС}}$  по (46) для ППС,

–  $Z_i^{\text{СТУД}}$  по (47) для студентов.

3.3. Сортировка по убыванию обобщенных оценок для всех преподавателей и студентов соответственно (получение общего рейтинга ППС и студентов соответственно).

4) Определение общего размера вознаграждения (шаг 5, см. таблицу 15).

4.1. Определение общего размера вознаграждения:

- $c_i^{\text{ППС}}$  по (49) для ППС,
- $c_i^{\text{студ}}$  по (50) для студентов.

## 5. Описание результатов внедрения системы

Для оценки достоверности системы используется методика расчета из программы «Педагогическая статистика», разработанной в ИПУ РАН и доступной по адресу <http://www.mtas.ru/uploads/stat.zip> [12].

Для оценки достоверности общей системы следует проверить достоверность оценок по каждому критерию ( $K_1$ ,  $K_2$  и  $K_3$ ).

В педагогике иногда  $t$ -критерий Стьюдента заменяют более простым критерием Крамера–Уэлча. Следует заметить, что эмпирическое значение критерия Крамера–Уэлча есть приближенное значение эмпирического значения  $t$ -критерия Стьюдента [12]. Исходя из этого, для оценки всех трех критериев используется критерий Крамера–Уэлча ( $T$ -критерий).

Для оценки достоверности системы стимулирования воспользуемся результатами внедрения настоящей системы в учебный процесс вуза. Для этого проведем педагогический эксперимент в равных по уровню знаний группах АБА-911 (экспериментальной) и АБА-915 (контрольной) по предмету «Системы управления базой данных» в период с 02.02.2011 г. по 30.04.2011 г. Результаты эксперимента (результаты наблюдений до и после внедрения системы) приведены в таблицах 16–18.

В таблице 16 отражены агрегированные данные об успеваемости и посещаемости (критерий  $K_1$ ), в таблице 17 – баллы по методической работе (критерий  $K_2$ ), в таблице 18 – баллы по

творческой работе (критерий  $K_3$ ) у студентов двух групп соответственно.

Таблица 16. Проверка системы по критерию  $K_1$

Контрольная группа		Экспериментальная группа	
До начала эксперимента	После окончания эксперимента	До начала эксперимента	После окончания эксперимента
9	9	9	10
8	8	10	10
8	9	8	8
8	8	8	9
8	9	8	8
9	8	9	9
9	9	8	9
9	9	8	9
9	8	8	10
8	8	9	9
		8	9
		9	10

Таблица 17. Проверка системы по критерию  $K_2$

Контрольная группа		Экспериментальная группа	
До начала эксперимента	После окончания эксперимента	До начала эксперимента	После окончания эксперимента
8,2	7,4	8	8,3
8,4	7,8	8,2	8,8
8	8,6	8	8,7
8,2	8	9	9
8	8,3	8,4	9
8,6	8,4	8,4	8,8
7,3	8,8	8	8,5
8,2	8,8	8,7	8,5

Таблица 18. Проверка системы по критерию  $K_3$

Контрольная группа		Экспериментальная группа	
До начала эксперимента	После окончания эксперимента	До начала эксперимента	После окончания эксперимента
4	3	2	3

Контрольная группа		Экспериментальная группа	
До начала эксперимента	После окончания эксперимента	До начала эксперимента	После окончания эксперимента
8	4	8	8
5	5	5	5
0	0	0	10
0	0	0	15
0	0	0	20
0	0	0	0
0	0	0	0

По итогам проверки критериев получены следующие результаты:

– по критерию  $K_1$ :

эмпирическое значение критерия Крамера–Уэлча ( $T_{\text{эсп}}$ ) равно 0, критическое значение ( $T_{\text{кр}}$ ) равно 1,96, что дает право утверждать о том, что характеристики контрольной группы до начала эксперимента совпадают на уровне значимости 0,05 с характеристиками контрольной группы после эксперимента. Такой же вывод можно сделать и относительно экспериментальной группы до начала эксперимента, так как  $T_{\text{эсп}} = 0$ ;  $T_{\text{кр}} = 1,96$ ;

эмпирическое значение критерия Крамера–Уэлча равно 2,5071, критическое значение равно 1,96; что дает право утверждать о том, что достоверность различий характеристики экспериментальной группы после эксперимента составляет 95% по сравнению с характеристиками контрольной группы до и после эксперимента. Такой же вывод можно сделать относительно контрольной группы после эксперимента, так как  $T_{\text{эсп}} = 2,3452$ ;  $T_{\text{кр}} = 1,96$ ;

– по критерию  $K_2$ :

эмпирическое значение критерия Крамера–Уэлча равно 0,6747, критическое значение равно 1,96; что дает право утверждать о том, что характеристики контрольной группы до начала эксперимента совпадают на уровне значимости 0,05 с характеристиками контрольной группы после эксперимента. Такой же

вывод можно сделать и относительно экспериментальной группы до начала эксперимента, так как  $T_{\text{эксп}} = 1,2004$ ;  $T_{\text{кр}} = 1,96$ ;

эмпирическое значение критерия Крамера–Уэлча равно 3,6277, критическое значение равно 1,96; что дает право утверждать о том, что достоверность различий характеристики экспериментальной группы после эксперимента составляет 95% по сравнению с характеристиками контрольной группы до эксперимента. Такой же вывод можно сделать относительно контрольной группы после эксперимента, так как  $T_{\text{эксп}} = 2,218$ ;  $T_{\text{кр}} = 1,96$ ; и также относительно экспериментальной группы до начала эксперимента, так как  $T_{\text{эксп}} = 2,3103$ ;  $T_{\text{кр}} = 1,96$ ;

– по критерию  $K_3$ :

эмпирическое значение критерия Крамера–Уэлча равно 0,4657, критическое значение равно 1,96; что дает право утверждать о том, что характеристики контрольной группы до начала эксперимента совпадает на уровне значимости 0,05 с характеристиками контрольной группы после эксперимента. Такой же вывод можно сделать и относительно экспериментальной группы до начала эксперимента, так как  $T_{\text{эксп}} = 0,1618$ ;  $T_{\text{кр}} = 1,96$ ;

эмпирическое значение критерия Крамера–Уэлча равно 1,9924, критическое значение равно 1,96; что дает право утверждать о том, что достоверность различий характеристики экспериментальной группы после эксперимента составляет 95% по сравнению с характеристиками контрольной группы до эксперимента. Такой же вывод можно сделать относительно контрольной группы после эксперимента, так как  $T_{\text{эксп}} = 2,3213$ ;  $T_{\text{кр}} = 1,96$ , а также относительно экспериментальной группы до начала эксперимента, так как  $T_{\text{эксп}} = 2,0928$ ;  $T_{\text{кр}} = 1,96$ .

Итак, начальные состояния (до начала эксперимента) экспериментальной и контрольных групп совпадают, а конечные (после эксперимента) – различаются. Следовательно, можно сделать вывод, что положительный эффект изменений обусловлен применением настоящей методики управления качеством образования в вузе (посредством механизмов нематериального и материального стимулирования преподавателей и студентов).

## 6. Заключение

Рассмотренная в работе модель управления качеством образования имеет следующие особенности:

кибернетический подход к решению проблемы;

многокритериальная оптимизация в управлении качеством образования;

использование эффективной системы стимулирования ППС, на основе сочетания индивидуальной системы компенсаторного типа и унифицированной ранговой системы стимулирования;

использование новых ИТ-технологий (DM), которые дают возможность быстрого сбора и обработки данных, а также позволяют выполнять всесторонний и многомерный анализ состояния системы;

применение прозрачной системы управления, не позволяющей появлению негативных явлений (приписки, ложные отчеты, и т.д.) и обеспечивающей принцип открытого управления [1, 11, 15]; все это дает возможность обеспечения открытого доступа к информации центру, любому сотруднику вуза и студенту;

рейтинговая система оценки качества работы преподавателей/студентов позволяет произвести их ранжирование по обобщенному критерию, рассмотренному в работе системы.

Разработка АСУ для принятия решений вуза является сложной технической задачей. Следует сказать, что составные подзадачи этого проекта были подробно рассмотрены в следующих трудах автора и его научного руководителя:

вопросы проектирования АСУ в [20, 24];

вопросы технического обеспечения в [19, 20];

вопросы информационного обеспечения в [20, 23];

вопросы программного обеспечения в [23];

вопросы стимулирования студентов (педагогический аспект, внутренняя модель) в [22];

вопросы производительности и обслуживания в [18];

вопросы реализации АСУ в [19, 21].

Приведенная в работе комплексная оценка критериев в достаточной степени адекватно отражает состояние образовательной системы. Для повышения точности анализа можно добавлять другие критерии, учитывающие также и другие стороны социально-экономического, педагогического (методологического), технического характера. Тогда задача будет иметь более сложную постановку, но современные технические средства и информационные технологии позволяют реализовать такие решения. При этом повышается стоимость разработки системы.

Необходимо подчеркнуть, настоящая система используется в учебной работе ряда вузов Казахстана и защищена авторским правом [21]. В результате использования настоящей системы производительности труда сотрудников повысилась на 28%. Исходя из этого, авторами рекомендуется внедрить настоящую систему в другие вузы Казахстана.

### **Литература**

1. БУРКОВ В.Н. и др. *Механизмы управления (Умное управление)*. – М.: Ленанд, 2011.
2. ВЕРЕЦАГИН Ю.Ф., ЕРУНОВ В.П. *Рейтинговая система оценки знаний студентов, деятельности преподавателей и подразделений вуза* : учеб. пособие. – Оренбург: ОГУ, 2003. – 105 с.
3. ГВОЗДЕВА В.А., ЛАВРЕНТЬЕВА И.Ю. *Основы построения автоматизированных информационных систем*. – М.: ИД «Форум», Инфра, 2009. – 320 с.
4. *Государственная программа развития образования Республики Казахстан на 2011-2020 годы* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.edu.gov.kz/ru/zakonodatelstvo/gosudarstvennaja\\_programma\\_razvitija\\_obrazovanija/](http://www.edu.gov.kz/ru/zakonodatelstvo/gosudarstvennaja_programma_razvitija_obrazovanija/).
5. *Декларация о формировании Единого экономического пространства Республики Беларусь, Республики Казахстан и Российской Федерации* [Электронный ресурс]. – Режим

- доступа: <http://www.fas.gov.ru/international-partnership/common-economic-space/documents/>.
6. ДМИТРИЕВА О.В. *Построение системы стимулирования сотрудников вуза на основе достигнутых результатов* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://giab-online.ru/catalog/934>.
  7. ЕРЕМЕНКО Г.О. *ПРНД или особенности оценки национальной науки*. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://archive.ipgg.nsc.ru/>.
  8. ЗАЛОЖНЕВ Д.А, НОВИКОВ Д.А. *Модели систем оплаты труда*. – М.: ПМСОФТ, 2009. – 192 с.
  9. *Концепция стратегического развития Республики Казахстан «Казахстан – 2030»* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ndp-nurotan.kz/new/documents/>.
  10. НОВИКОВ Д.А. *Теория управления организационными системами* : учеб. для вузов. – М.: Физматгиз, 2007. – 584 с.
  11. НОВИКОВ Д.А. *Теория управления образовательными системами*: учебно-методическое пособие. – М.: Народное образование, 2009. – 452 с.
  12. НОВИКОВ Д.А. *Статистические методы в педагогических исследованиях (типовые случаи)*: учебно-методическое пособие. – М.: МЗ-Пресс, 2004. – 67 с.
  13. «Об образовании»: *Закон Республики Казахстан от 27 июля 2007 года*. №319-III, Астана, 2007.
  14. СПИВАК А.В. *Стимулирование новаторского труда в инновационной организации*: Автореф. дис. канд. эк. наук. – Санкт-Петербург, 2010. – 19 с.
  15. *Обеспечение и оценка качества высшего образования* // Электронный журнал «Высшее образование в России». – 2004. – №2. – С. 12–28.
  16. *Сборник приказов, должностных инструкций и учебно-методических документов Международного Казахско-турецкого университета им. А. Ясауи* / Межд. казахско-тур. ун-т; Туркестан: Изд-во МКТУ, 2005. – 347 с.
  17. *Стратегический план развития Международного Казахско-турецкого университета им. А. Ясауи на 2009–*



- 2013 г. / Межд. казахско-тур. ун-т; Туркестан: Изд-во МКТУ, 2010. – 150 с.
18. ТУКУБАЕВ З.Б., УМАРОВ А.А. *Оптимизация распределения ресурсов и скорости обработки данных (на примере Международного казахско-турецкого Университета им. А. Ясауи)* // «Вычислительные сети, теория и практика»: электронный журнал, ВС/NW 2010. – №1(16). – URL: <http://network-journal.mpei.ac.ru/cgi-bin/>.
  19. ТУКУБАЕВ З.Б., УМАРОВ А.А. *Корпоративная сеть вуза* // Вычислительные сети, теория и практика: электронный журнал, ВС/NW 2010. – №2(17). –URL: <http://network-journal.mpei.ac.ru/cgi-bin/>.
  20. УМАРОВ А.А. *Проектирование информационной системы управления вузом* // Сб. трудов I Международной научно-практической конференции «Современные тенденции в экономике и управлении: новый взгляд». – Новосибирск, 2010. – С. 142–158.
  21. УМАРОВ А., УМАРОВ А.А., ТУКУБАЕВ З.Б. *Внутренняя оценка качества образования в вузе на основе рейтинга ИПС/студентов (программа для ЭВМ – база данных)* // Авт. свидетельство Республики Казахстан № 0007766. – 2012. – Бюл. №018.
  22. УМАРОВ А.А., КАДЫРБАЕВА Г.П. *Методика оценки успеваемости студентов в вузе* // Межд. казахско-тур. ун-т; Туркестан: Вестник МКТУ им. А. Ясауи. – 2011. – №1. – С. 168–171.
  23. УМАРОВ А.А., КАДЫРБАЕВА Г.П. *Модель управления образовательной деятельностью вуза* // Сб. трудов Респ. научно-методической конференции ЕНУ им. Л.Н.Гумилева «Повышение квалификации профессорско-преподавательского состава в рамках реализации Президентской международной программы «Болашақ»: опыт методической работы». – Астана, 2011. – С. 172–182.
  24. УМАРОВ А.А., ТУКУБАЕВ З.Б. *Системный анализ деятельности МКТУ им. А. Ясауи как объекта управления и ее*

*комплексная автоматизация // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2010. – №4. – С. 31–48.*

## **MODEL OF EDUCATION QUALITY MANAGEMENT IN HIGH SCHOOL**

**Zukurhan Tukubayev**, International Kazakh-turkish University, Kazakhstan, Turkistan, Doctor of science, (ibrahim19899@mail.ru).

**Amantur Umarov**, International Kazakh-turkish University, Kazakhstan, Turkistan (unix77@yandex.ru).

*Abstract: The problem is considered of higher education quality increase in the context of Kazakhstan universities. We suggest an approach based on an incentive scheme for employees of a university. The article is intended for education management personnel.*

Keywords: management information system, education quality management, multi-criteria problem, complex assessment, academic staff incentive scheme.

*Статья представлена к публикации членом редакционной коллегии М. В. Губко*