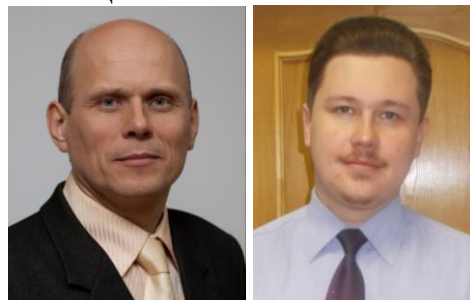


ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

УДК 004.65

А.И. Попов, Д.В. Поляков

ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ РАЗРАБОТКИ
АДАПТИВНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ СОПРОВОЖДЕНИЯ
ТВОРЧЕСКОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

Изменение менталитета индивидуумов и общества, и особенно его молодежного сегмента, приоритетность экономической оценки как результата, так и затрат на его достижение, стремление оптимально распределять свои финансовые и материальные ресурсы актуализируют понимание получаемого профессионального образования как вида инвестиций в собственную конкурентоспособность, и соответственно в своё благосостояние. Это в свою очередь повышает востребованность такого образовательного процесса, который бы позволил в отведенное время достичь максимального результата в области подготовки к конкретным видам деятельности. Несмотря на наличие части молодежи, которая достаточно инфантильно подходит к получению высшего образования и пребывание в стенах университета рассматривает как возможность реализации функции социального общения, значительное количество студентов начинают критически анализировать эффективность тех образовательных мероприятий, в которых они должны принимать участие в соответствии с основной профессиональной образовательной программой. Часть таких мероприятий, которые не способствуют повышению уровня профессиональной компетентности и не учитывают способности конкретной личности, либо игнорируется студентом, либо при необходимости присутствия (под воздействием административных мер) рассматривается как потеря времени.

Повышению эффективности образовательного процесса во многом препятствует классно-урочная система организации занятий, которая зачастую практически в неизменном виде используется и в системе высшего образования. Сразу оговоримся, что проведение занятий для всей студенческой группы в соответствии с данной системой (например, интерактивного обсуждения проблемной ситуации) достаточно эффективно позволяет решать ряд образовательных задач и, прежде всего, с позиции формирования коммуникативных компетенций, лидерских качеств, умения отстаивать свою точку зрения и аргументированно дискутировать по принципиальным вопросам. Групповые занятия также достаточно эффективны, когда до обучающихся доводится информация по «реперным точкам» дисциплины, определяются обобщенные задачи по усвоению программного материала и подводятся квинтэссенция учебного модуля или всей дисциплины.

Но во всех остальных случаях усреднение образовательной деятельности, ориентированное на среднестатистического студента, делает малорезультативной работу большинства. Студенты, освоившие на более высоком уровне изучаемый на занятии модуль, будут попросту скучать при выполнении задания средней сложности (и соот-

ветственно, будут нерационально тратить время). Для другой же части студентов эти задания будут невыполнимыми вследствие пробела в знаниях и умениях, что также не позволит им результативно работать в аудитории. Таким образом, при проведении практических занятий преподаватель, ориентируясь только на усредненный показатель готовности студенческой группы, организует достаточно неэффективную образовательную деятельность практически всех студентов.

Выходом из создавшегося положения может стать повышенная индивидуализация процесса обучения, особенно при организации работы всех студентов группы на практических занятиях согласно расписанию. С учетом того, что на преподавателя в последнее время возросла нагрузка по учебной, научной и методической работе, индивидуализация может быть обеспечена активным внедрением средств информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) в организацию образовательного процесса. Таким образом, ИКТ должны обеспечить возможность учитывать как индивидуальные личностные особенности студента, так и уровень сформированности их компетенций (компонентов компетенций) на данном этапе обучения. Возможность учета указанных особенностей обеспечит творческий характер деятельности всех студентов, поскольку каждый получит для решения то задание, которое потребует от него новых знаний и умений, но разрыв между имеющимся интеллектуальным потенциалом и необходимым для решения данного задания не будет критичным и не вызовет психологического торможения. Необходимое сопровождение со стороны информационной системы или преподавателя позволит каждому обучающемуся наиболее рационально использовать время аудиторной работы в университете.

Проведенный анализ организации образовательного процесса в высшей школе показывает необходимость разработки адаптивной информационной системы сопровождения самостоятельной творческой работы обучающихся. Мы не случайно добавили характеристику работы – «самостоятельная». Реалии современного образования таковы, что качественное образование можно получить только во время самостоятельной познавательной деятельности, а роль преподавателя вуза изменяется от позиции «учитель» в сторону «координатор – тьютор – консультант», что фактически означает, что преподаватель должен обеспечивать методическое, консультационное и организационное сопровождение образования, а учиться студент самостоятельно. Поэтому деятельность обучающихся во время значительной части практических занятий должна носить самостоятельный характер, а функция преподавателя – помогать и направлять студента в сторону получения нового знания. Наиболее эффективной самостоятельная работа будет в случае интерактивного ее характера, обеспечиваемого взаимодействием обучающихся как в аудитории, так и в информационной образовательной среде (Ракитина, Попов, 2014).

В контексте подготовки к инновационной деятельности очень важно развивать именно творческие способности обучающихся, их умение находить нестандартные решения профессиональных проблемных ситуаций. Учитывая неограниченный во времени характер творческой работы при выходе обучающегося на эвристический или креативный уровни интеллектуальной активности, решение творческих задач, особенно по общеинженерным дисциплинам, целесообразно организовывать в рамках самостоятельной работы обучающихся.

Перспективным направлением творческого саморазвития студентов в рамках самостоятельной работы является олимпиадное движение студентов (Пучков, Попов, 2009). В рамках подготовительной стадии олимпиадного движения значительная часть процесса формирования творческих компетенций проходит в процессе индивидуальной самостоятельной работы в электронной информационной образовательной среде. Негативным моментом будет то, что обучающийся не всегда может рационально распределить свои силы и время, отведенное на решение задач повышенной сложности, а пре-

подаватель (который организует олимпиадное движение в большинстве случаев на основе собственного энтузиазма) не всегда может оперативно координировать познавательную деятельность одаренного студента. Это приводит к снижению эффективности творческой работы обучающихся.

На основе проведенного исследования мы пришли к выводу, что повышение эффективности образовательного процесса может быть достигнуто вследствие активизации самостоятельной творческой работы обучающихся, что предполагает активное использование преподавателей инновационных технологий обучения (Попов, 2013), а также разработку и рациональное использование адаптивной информационной системы, которая бы соответствовала следующим требованиям:

- возможность учета различных структур компетенций, в том числе и появление интегрированных компетенций и компетенций, определяющих региональную специфику подготовки студента;
- высокий творческий уровень заданий для самостоятельной работы, возможность добавления и интеграции различных подходов и методов решения задач (и в первую очередь, предложенных самими обучающимися);
- возможность корректировки индивидуальной образовательной траектории в соответствии с требованиями конкретного работодателя или профессионального сообщества;
- высокая пропускная способность;
- определенное время реакции системы на запрос;
- готовность и доступность для обработки запросов пользователей в соответствии с требуемыми результатами обучения и индивидуальными психологическими и интеллектуальными характеристиками обучающегося;
- простота эксплуатации и поддержки, в том числе расширения базы данных с творческими заданиями и вариантами их решения.

Для построения математической модели функционирования адаптивной информационной системы сопровождения творческой работы обучающихся введём некоторые понятия и определения.

Обозначим Z как множество всех допустимых творческих задач по данной учебной дисциплине, а A_i – множество всех задач, относящихся к проверке освоения i -ого компонента компетенции. Тогда

$$Z = \bigcup_{i=1}^N A_i, \quad (1)$$

где N – количество всех компонентов компетенций, которые в соответствии с основной профессиональной образовательной программой должны быть сформированы у студента при изучении данной дисциплины.

Сразу оговоримся, что данное предположение очень упрощает понятие «творческие задачи». И если в заданиях тестового уровня можно говорить о том, что одна задача формирует (или проверяет) какой-либо один компонент компетенции, то, проектируя творческие задачи высокого уровня сложности, мы изначально нацелены на формирование значительного количества компонентов компетенций при решении одной задачи. Поэтому более справедливо записать, что $|Z| < \bigcup_{i=1}^N |A_i|$.

На каждый момент времени студенту h можно сопоставить множество компонентов компетенций, которые он должен освоить $C_h = \{k \in \overline{1, N} \mid \text{компонент } k \text{ компетенции освоена на определенном уровне}\}$

Действующие образовательные стандарты дают очень нечеткую формулировку результатов обучения, которые можно оценивать, используя различные, а иногда и

диаметрально противоположные подходы. Традиционно выделяют три уровня освоения компетенций: пороговый, базовый и продвинутой. Но само понимание того, какие знания, умения и навыки относятся к каждому из этих уровней, в условиях малоактивной методической деятельности учебно-методических объединений образовательная организация устанавливает сама. И самая большая методическая проблема – определить, какие результаты деятельности обучающегося свидетельствуют о достижении ими продвинутого уровня освоения конкретного компонента компетенций. Нельзя забывать, что некоторые компетенции (в основном общекультурные) должны развиваться в течение всего периода обучения, и говорить об их полном освоении в какой-то определенный момент времени не совсем корректно.

При использовании задач тестового уровня можно дать оценку освоения студентом компетенции на пороговом уровне по количеству решенных им задач. Обозначим через R_h множество решавшихся студентом задач, а через F_h – множество правильно решенных задач. При этом $F_h \subset R_h \subset Z$.

Уровень сформированности компонента компетенции будем определять по формуле

$$SK_{hk} = f / r, \quad (2)$$

где $f = |F_h \cap A_k|$, $r = |R_h \cap A_k|$.

Данная оценка дает информацию для реализации адаптивных свойств системы: чем меньше SK_{hk} , тем больше вероятность появления задачи из множества A_k в выборке, предлагаемой студенту h .

Данная модель эффективно будет работать только для формирования программы сопровождения самостоятельной работы обучающихся, осваивающих компетенции на пороговом уровне. Для базового, и тем более продвинутого уровня освоения компонентов компетенций, появляются следующие особенности.

Во-первых, творческие задачи говорят о сформированности компетенций на каком-либо уровне даже в случае их частичного решения. Поэтому оцениваться должен не результат решения всей задачи, а сам ход её решения и достижение студентом каких-либо промежуточных результатов. Во-вторых, творческие задачи предполагают возможность получения конечного результата нестандартным способом, не учтенным автором задачи, и соответственно не включенным в базу данных по этой задаче. Такие решения могут быть оценены экспертом без использования информационной системы, а результат оценки задачи затем внесен в неё преподавателем, выполняющим роль тьютора. Поэтому, можно говорить о сравнительно неточной (в зависимости от квалификации эксперта) оценке решения задачи в диапазоне от 0 до 1, где 1 – это абсолютно верное решение задачи.

Указанные обстоятельства трудности четкого формирования множества F_h (появляется ряд подмножеств, каждое из которых показывает лишь те задачи, которые решены до определенного уровня), а также уже упомянутая возможность включения одной задачи в различные множества A_i , причем с различной значимостью данной задачи для формирования именно этого компонента компетенций, предопределяют переход к использованию нечетких множеств, которые позволяют обеспечить эффективное принятие решений, в том числе и в области управления образовательным процессом.

Таким образом, заменим классические множества F_h и A_i $i = \overline{1, N}$, на нечеткие \tilde{F}_h и \tilde{A}_i , формализуемые функциями принадлежности μ_F^h и μ_A^i соответственно. Последные представляют собой отображения вида $\mu_F^h, \mu_A^i : Z \rightarrow [0, 1]$.

Так как теория нечётких множеств представляет собой обобщение классической теории множеств для представления модели, удобно обобщить R_h нечётким подмножеством \tilde{R}_h , формализуемым функцией принадлежности $\mu_R^h: Z \rightarrow \{0, 1\}$. Причём для $\forall z \in Z$

$$\mu_R^h(z) = \begin{cases} 1, & z \in R_h, \\ 0, & z \notin R_h; \end{cases}$$

Тогда (2) принимает вид

$$SK_{hk} = \frac{|\tilde{F}_h \cap \tilde{A}_k|}{|\tilde{R}_h \cap \tilde{A}_k|}. \quad (3)$$

Обобщением пересечения нечетких множеств является T -норма, а обобщение мощности множества – кардинальное число, представляющее собой сумму значений функций принадлежности по всем элементам соответствующего множества.

Таким образом (3) принимает вид

$$SK_{hk} = \frac{\sum_{z \in Z} T(\mu_F^h(z), \mu_A^k(z))}{\sum_{z \in Z} T(\mu_R^h(z), \mu_A^k(z))}. \quad (4)$$

В качестве T -нормы целесообразно использовать функцию вида $T: [0,1] \times [0,1] \rightarrow [0,1]$, для которой $(\forall x \in (0,1))(T(x,x) < x)$ (Батыршин, 2001). Также важно сохранить обратную совместимость с классической теорией множеств, то есть: $T(1,1) = 1$ и $T(0,0) = 0$. Такая T -норма называется архимедовой и формализует логическую операцию «конъюнкция», соответствующую пересечению нечётких множеств.

Существует теорема (Батыршин, 2001), которая говорит о том, что T -норма является архимедовой и непрерывной тогда и только тогда, когда существует строго убывающая и непрерывная функция $f: [0; 1] \rightarrow [0; \infty)$, $f(1) = 0$, такая что

$$T(\mu_1, \mu_2) = f^{(-1)}(f(\mu_1) + f(\mu_2)), \quad (5)$$

где

$$f^{(-1)}(x) = \begin{cases} f^{-1}(x), & x \leq f(0), \\ 0, & x > f(0); \end{cases} \quad x \in [0, \infty) \quad (6)$$

и отображение (5) однозначно с точностью до положительной мультипликативной константы.

Таким образом, выбор некоторой функции f приведёт к построению новой T -нормы на основе (5) и (6) с точностью до мультипликативной константы. Важно отметить, что в силу (6) T -норму можно записать в аналитическом виде, только если для f существует обратная, представимая в аналитическом виде функция.

Вместе с тем, обобщённые варианты функции f позволяют порождать целые параметризованные семейства T -норм. На сегодня известно несколько таких семейств. К ним относятся T -нормы Домби, Франка, Хамахера и многие другие.

Рассмотрим в качестве примера T -норму Хамахера. Она порождается функцией

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1-x}{x}, & \lambda = 0, \\ \log\left(\frac{\lambda + (1-\lambda)x}{x}\right), & \lambda \in (0, \infty); \end{cases}$$

где λ – параметр.

Сама же T -норма Хамахера имеет вид

$$T(x, y) = \begin{cases} \frac{xy}{\lambda + (1-\lambda)(x+y-xy)}, & (x, y, \lambda) \neq (0, 0, 0), \\ 0, & (x, y, \lambda) = (0, 0, 0); \end{cases} \quad (7)$$

где $\lambda \in [0, \infty)$ – параметр, унаследованный от порождающей функции. Значение данного параметра формализует «категоричность» конъюнкции. Чем больше значение λ , тем ближе (7) к так называемому «сильному произведению» – наименьшей из возможных архимедовых T -норм. С другой стороны, нулевое значение λ соответствует одной из самых больших архимедовых норм.

Подставив (7) в (4), получим оценку уровня сформированности освоения компонента компетенции на основе T -нормы Хамахера

$$SK_{hk} = \frac{\sum_{z \in Z} \frac{\mu_F^h(z) \mu_A^k(z)}{\lambda + (1-\lambda)(\mu_F^h(z) + \mu_A^k(z) - \mu_F^h(z) \mu_A^k(z))}}{\sum_{z \in Z} \frac{\mu_R^h(z) \mu_A^k(z)}{\lambda + (1-\lambda)(\mu_R^h(z) + \mu_A^k(z) - \mu_R^h(z) \mu_A^k(z))}}.$$

Рассмотренные положения являются основой математической модели адаптивной информационной системы, обеспечивающей наиболее рациональную организацию творческой самостоятельной работы с учетом требований образовательных стандартов и особенностей данного этапа развития обучающихся.

Адаптивность системы заключается в возможности на основе подстройки параметра λ оценивать освоение компетенций с разным уровнем «строгости», а также использовать полученную оценку для формирования нового комплекта задач с превалированием слабо освоенных компетенций.

Выполнение информационной системой требуемых функций предполагает её проектирование на основе модели взаимодействия, которая описывает взаимодействие частей системы в процессе образовательной деятельности и позволяет сформулировать обобщенное видение поведения множества объектов данной системы. С позиции достижения требуемых результатов обучения и формирования кадрового потенциала для инновационной экономики наиболее значимым будет уровень взаимодействия между преподавателем и студентами, на котором отражены различные варианты использования информационной системы.

Проведенный анализ процесса с учетом закономерностей дидактики высшей школы позволил разработать модель вариантов использования информационной системы, но при этом важно помнить, что данная модель не описывает внутреннее устройство системы. Данная модель предназначена для упрощения взаимодействия с будущими пользователями системы – студентами и преподавателями, а также методистами по каждой учебной дисциплине. Таким образом, разработанная модель указывает, что должна делать информационная система с точки зрения действующих лиц (группу действий в системе, которые приводят к конкретному результату), но не дает указаний на используемые для этого методы. При этом каждый вариант использования относится к одному действующему лицу, имеет своего инициатора и приводит к соответствующему результату обучения.

Для адаптивной информационной системы сопровождения творческой работы обучающихся можно предложить следующую модель вариантов использования, представленную на рис. 1.

С учетом того, что архитектор программного обеспечения в первую очередь обращает внимание на объекты предметной области, а программист концентрируется на

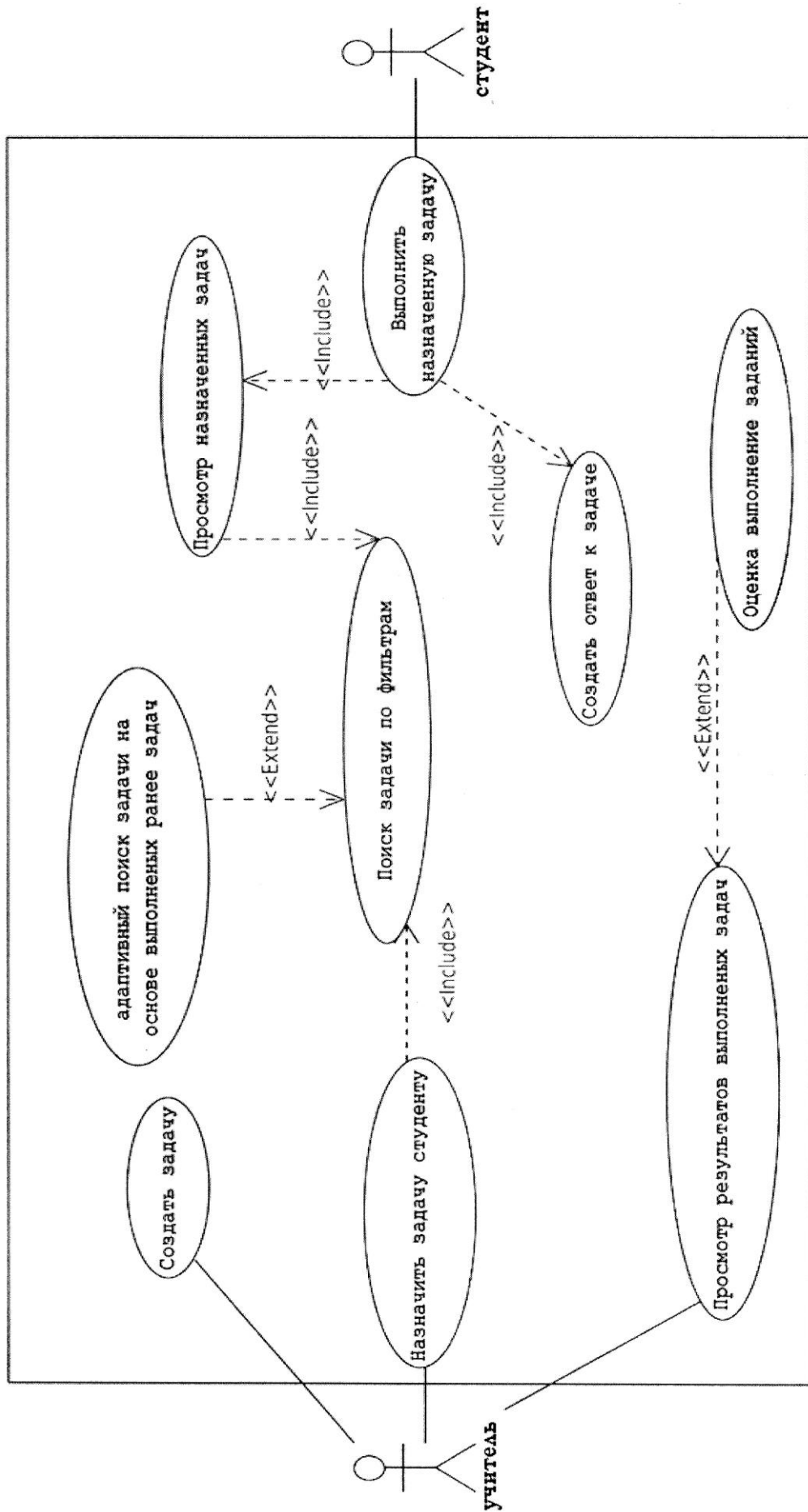


Рис.1. Модель вариантов использования

проектировании поведения этих объектов на основе принадлежности их к определенным классам, особую актуальность приобретает построение диаграммы классов. В контексте исследования под классами понимаются понятия предметной области, которые описывают программные или аппаратные сущности, и являются основой разработки адаптивной информационной системы сопровождения творческой работы обучающихся. Разработанная диаграмма классов представляет собой набор статических, декларативных элементов модели вариантов использования и станет основой разработки новой востребованной высшим образованием системы, при этом информация с диаграммы будет напрямую отображаться в исходный код приложения (в большинстве существующих инструментов UML-моделирования возможна кодогенерация для определенного языка программирования (обычно Java или C++).

Для адаптивной информационной системы, методические вопросы разработки которой были рассмотрены ранее, предполагается использовать диаграмму классов, представленную на рис. 2.

При проектировании адаптивной информационной системы сопровождения творческой работы обучающихся в соответствии с представленной диаграммой проектирования были использованы следующие паттерны проектирования:

- MVC (Model-View-Controller) - шаблон проектирования, с помощью которого модель приложения, пользовательский интерфейс и взаимодействие с пользователем разделены на три отдельных компонента таким образом, чтобы модификация одного из компонентов оказывала минимальное воздействие на остальные;
- прототип – порождающий шаблон проектирования, позволяющий создавать новые объекты (и, прежде всего, творческие задачи) путем копирования прототипа, что позволяет системе оставаться независимой как от процесса создания новых объектов, так и от типов порождаемых объектов (этот момент особенно ценен при организации творческой подготовки, т. к. при создании информационной системы, ориентированной на определенную дисциплину подготовки специалистов, не всегда можно четко сформулировать все классы нестандартных задач, отражающих профессиональный и социальные контексты будущей профессиональной деятельности);
- абстрактная фабрика - порождающий шаблон проектирования, который предоставляет интерфейс для создания семейств взаимосвязанных или взаимозависимых объектов, не специфицируя их конкретных классов.

Процесс проектирования данных для интересующей нас информационной системы можно условно разделить на два этапа: логическое моделирование и физическое проектирование. Результатом первого из них является так называемая логическая (или концептуальная) модель данных, выражаемая обычно диаграммой «сущность-связь» или ER (Entity-Relationship), которая описывает факты и объекты, подлежащие регистрации в будущей базе данных. Основными компонентами такой модели являются сущности, их атрибуты и связи между ними. Результатом второго этапа является готовая база данных для адаптивной информационной системы сопровождения творческого развития студентов либо DDL-скрипт для ее создания. На рис. 3 представлена ER-диаграмма для разрабатываемой информационной системы.

Одной из основных частей информационного обеспечения является информационная база, которая представляет собой совокупность данных, с помощью которых удовлетворяются информационные потребности управленческих процессов и решаемых задач. Разработка базы данных для информационной системы с учетом особенностей конкретной учебной дисциплины будет осуществляться с помощью моделирования данных. Целью такого моделирования данных будет обеспечение разработчика информационной системы концептуальной схемой базы данных в форме одной модели

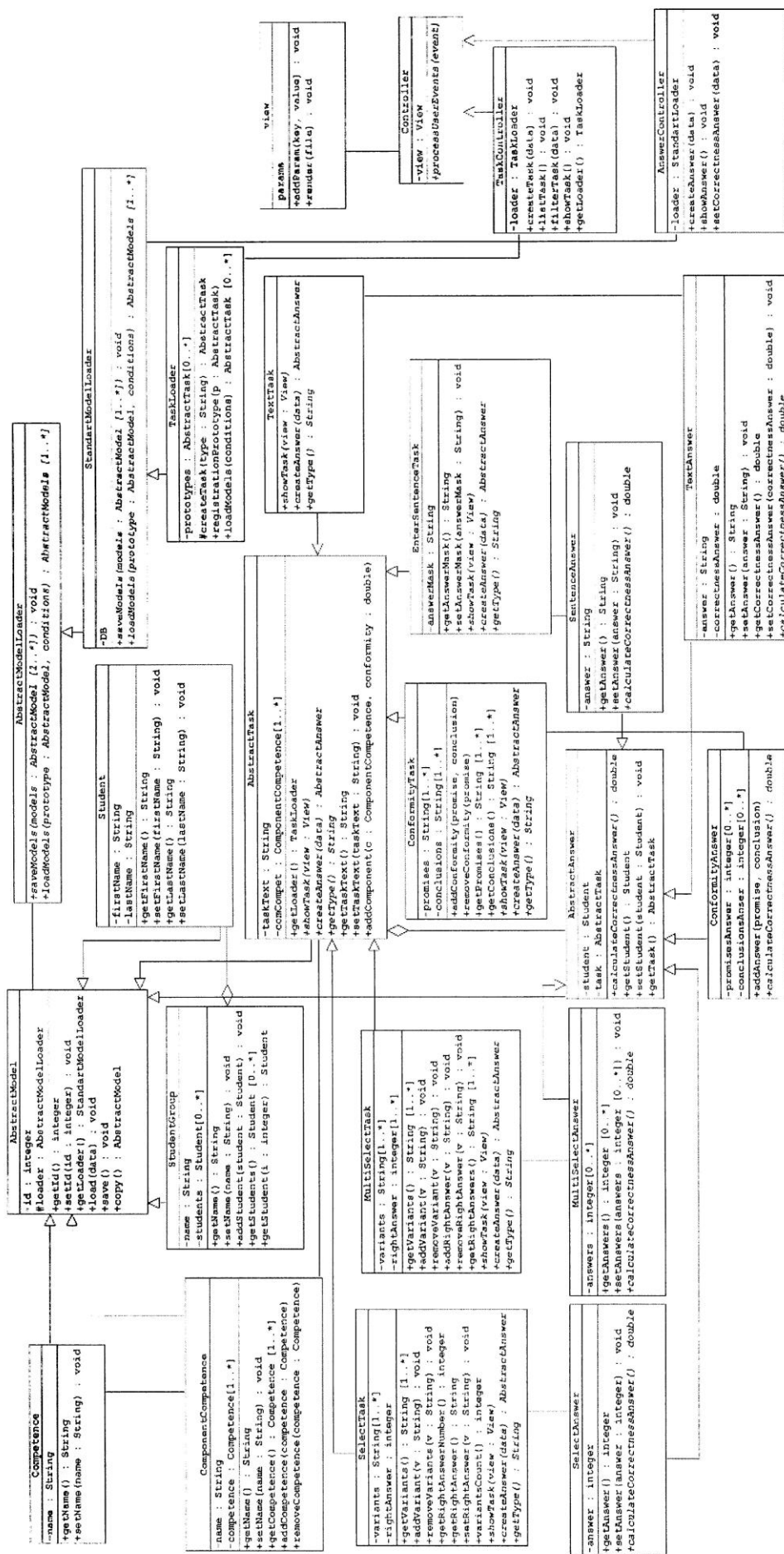


Рис.2. Диаграмма классов

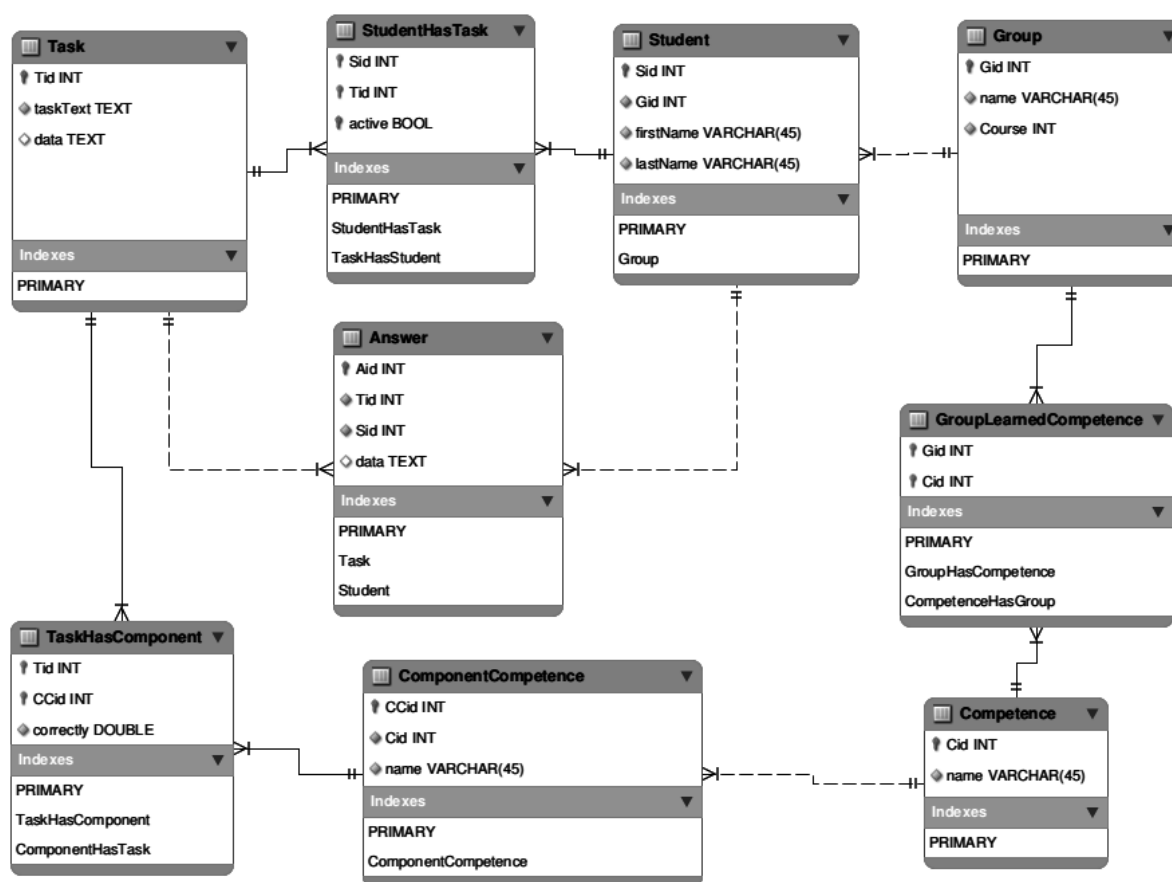


Рис. 3. ER-диаграмма для адаптивной информационной системы сопровождения творческой работы обучающихся.

или нескольких локальных моделей, которые относительно легко могут быть отображены в любую систему баз данных.

Рассмотренные методические вопросы разработки адаптивной информационной системы сопровождения творческой работы студентов и предложенные подходы к программной реализации выявленных закономерностей были использованы в Тамбовском государственном техническом университете при создании информационной системы, ориентированной на углубленное изучение теоретической механики. Использование в качестве методической основы сборников олимпиадных задач (Попов, 2010) обеспечило возможность эффективно формировать компоненты как профессиональных компетенций будущего инженера, так и общекультурных, необходимых для организации творческой деятельности в любом секторе экономики. Особую актуальность использование данной системы при организации самостоятельной работы приобретает в условиях организации обучения на основе актуализированных образовательных стандартов, предоставляющих вузам широкую свободу в выборе содержания обучения, что приводит к отсутствию универсального методического обеспечения дисциплин (Попов, 2016).

Создаваемые в различных вузах информационные системы сопровождения творческой работы обучающихся обязательно должны учитывать как специфику контингента студентов, традиции методической работы данного учебного заведения, так цели и задачи профессиональной подготовки, отражающей региональные аспекты и требования конкретных работодателей. В то же время, база данных в виде творческих задач по учебным дисциплинам должна быть общей, что обеспечит возможность от-

дельным обучающимся, являющимся наиболее креативными, выйти за рамки предложенной образовательной траектории и самостоятельно осваивать наиболее интересные для них области знания. Создание и внедрение в образовательный процесс адаптивных информационных систем в соответствии с изложенными концептуальными положениями позволит повысить эффективность самостоятельной работы обучающихся за счет максимального использования интеллектуального и креативного потенциала каждого, снизит приведенные затраты на обучение и повысит его качество, и прежде всего повысит уровень творческой подготовки выпускников к инновационной деятельности.

Список использованной литературы

Батыршин И.З. Основные операции нечеткой логики и их обобщения. Казань: Отечество, 2001. 100 с.

Попов А.И. Механизм мотивирования преподавателя технического вуза к педагогическому творчеству // *Alma-mater: Вестник высшей школы.* 2013. № 4. С.56-59.

Попов А.И. Социально-экономический эффект реинжиниринга методического сопровождения высшего образования // *Эко-потенциал.* 2016. № 2. С.155-160.

Попов А.И. Теоретическая механика. Сборник задач для творческого саморазвития личности студента: учебное пособие. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2010. 188 с.

Пучков Н.П., Попов А.И. Олимпиадное движение как форма организации обучения в вузе: учебно-методическое пособие Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2009. 180 с.

Ракитина Е.А., Попов А.И. Проблемы и перспективы использования интерактивных форм обучения в технических вузах // *Вопросы современной науки и практики.* Университет им. В.И. Вернадского. 2014. № 1 (50). С. 65-69.

Рецензент статьи: доктор педагогических наук, профессор Тамбовского государственного технического университета Е.А. Ракитина.