

УДК 378+004.9

Студенческая наука в национальном исследовательском техническом университете

В.В.Малышев , С.А.Пиявский

Аннотация

Рассматривается информационная технология формирования исследовательских компетенций студентов технических вузов, основанная на математическом моделировании закономерностей управляемого развития научных способностей молодежи.

Ключевые слова: исследовательские компетенции, вуз, математическая модель, управление, информационная система

Введение. Национальный исследовательский технический университет (НИТУ) - это инновационный вуз [1], который:

- готовит подавляющую часть своих студентов как инноваторов – специалистов, способных производить и доводить до реализации новые продукты интеллектуальной деятельности, обладающие более высоким научно-техническим потенциалом, новыми потребительскими качествами;
- строит учебно-воспитательный процесс на базе инновационных форм и методов, в первую очередь, инфокоммуникационных технологий;
- является организационно-научно-методическим центром «своего» кластера национальной образовательной системы.

Соответственно основными задачами развития исследовательских университетов являются:

- органическое включение исследовательской компоненты во все виды учебной деятельности,
- укрепление связей с промышленностью и создание новых, более тесных форм взаимодействия с ней в организации учебной деятельности,
- органическое сочетание учебной и воспитательной работы.

В статье предлагается информационная технология, направленная на эффективное решение указанных задач.

По мнению авторов, организационно-методической основой преобразований учебно-воспитательного процесса, направленных на успешное

решение стоящих перед НИТУ задач, может стать введение в учебный план *наддисциплинарного сквозного учебного курса под названием «Технология исследовательской профессиональной деятельности (ТИПД)», охватывающего весь период обучения при объеме две зачетные единицы в год.* Этот курс должен обобщить на единой организационно-методической основе накопленный НИТУ обширный опыт комплексного курсового и реального дипломного проектирования, организации научно-исследовательской работы студентов (НИРС), взаимодействия с базовыми организациями промышленности. Основная цель курса состоит в комплексном развитии исследовательских компетенций студентов на базе выполнения ими ежесеместровых курсовых работ с элементами исследования по индивидуальной тематике и под индивидуальным руководством в рамках небольших исследовательских коллективов. На младших курсах это студенческие бригады, руководимые, в основном, старшекурсниками, магистрантами и аспирантами, на старших курсах – научно-технические группы, работающие в тесном контакте с базовыми предприятиями по тематике, приближенной к реальной, под руководством привлекаемых сотрудников этих предприятий и ученых вуза.

Не менее важной целью курса является постоянное и авторитетное привлечение внимания студентов ко всем компонентам их компетентностного развития в период обучения в вузе. Она достигается путем ненавязчивого анализа преподавателем совместно со студентами уровня сформированности их общекультурных компетенций, отражаемого специальной автоматизированной информационной системой на основе мониторинга успешности внеучебной активности студентов.

Основное содержание курса представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Примерное содержание курсовых работ студентов в рамках наддисциплинарного курса «Технология исследовательской профессиональной деятельности»

Семестр	Основное направление деятельности
1	Включение в вузовский процесс, освоение телекоммуникационной среды вуза и используемых АИС. Ввод в виртуальное пространство (Реферат о себе, понимание процесса компетентностного развития личности в вузе, создание своей страницы в Интернет, выполнение учебной исследовательской задачи с отчетом и презентацией)
2	Первый реферат по итогам активного поиска информации. (Реферат на основе нескольких научно-популярных статей по своей специальности)
3	Курсовая работа с упором на программирование по физике, математике, химии и т.п.

4	Курсовая работа с упором на многопараметрическое исследование по физике, математике, химии и т.п. на базе компьютерной модели, разработанной в предыдущем семестре
5	Исследовательская работа с упором на математический аппарат и программирование на основе научной статьи из журнала по профилю специальности
6	Исследовательская работа с упором на математический аппарат и многопараметрические и качественные исследования в сопоставлении с результатами других исследований на основе предыдущего семестра
7	Исследовательская работа по теме научных/инженерных исследований руководителя научной группы с упором на изучение проблематики, постановку задачи и обзор имеющихся результатов. Программирование или экспериментальное исследование по теме работы
8	Исследовательская работа по теме научных/инженерных исследований руководителя научной группы с упором на тестирование и доработку выполненного ранее, многопараметрический анализ и осмысление результатов, участие в их внедрении.

Ведение курса осуществляет выпускающая кафедра, комплексный преподавательский коллектив, в который входят:

- Заведующий кафедрой - научный руководитель направления подготовки студентов,
- преподаватели, ведущие аудиторные занятия в студенческих группах,
- руководители научных групп,
- индивидуальные научные руководители студентов,
- руководитель внеучебной деятельности студентов.

Распространение исследовательской деятельности на ВЕСЬ контингент студентов в течение ВСЕГО периода обучения ставит перед организаторами учебного процесса две новые задачи:

- обеспечить ежедневный эффективный мониторинг и координацию деятельности студентов, их руководителей и преподавателей, непосредственно ведущих учебный курс,
- спроектировать и реализовать в целостную четырехлетнюю программу развития исследовательских и других компетенций обучаемых с учетом их индивидуальных особенностей.

Решение этих задач осуществимо при условии использования специальной автоматизированной информационной интернет-системы (АИС),

основанной, в частности, на математической модели управляемого развития научных способностей молодежи [2].

Математическая модель основана на следующих основных гипотезах:

Первая основная гипотеза о формировании научной квалификации.
Научная квалификация формируется исключительно в процессе целостной исследовательской деятельности личности.

В соответствии с этой гипотезой, количественными показателями, описывающими научную квалификацию личности, являются характеристики ее способности реализовывать основные элементы исследовательской деятельности, а именно: девять **функций** исследовательской деятельности:

- 1) поиск тематики,
- 2) постановка (осознание) темы исследования,
- 3) формирование ключевой идеи (плана) решения,
- 4) выбор, освоение и реализация необходимого обеспечения,
- 5) реализация отдельных элементов исследования (элементов плана решения),
- 6) синтез решения (собственно исследование),
- 7) оформление решения,
- 8) ввод в научный обиход, защита и сопровождение решения,
- 9) внутренний критический анализ решения.

на **четыре** ее уровнях:

- 1) начальный (научный сотрудник),
- 2) задач (кандидат наук),
- 3) проблем (доктор наук),
- 4) направлений (член академии наук).

Введем следующие обозначения:

$i = 1, \dots, 9$ - номера основных функций исследовательской деятельности;

$j = 1, \dots, 4$ - номера научно-технических уровней исследовательской деятельности;

M - творческая активность (мотивация) личности, измеряемая текущим средним временем, выделяемым ею на исследовательскую деятельность (часов в месяц);

m_{ij} - текущее среднее время, уделяемое элементу научной деятельности (i,j), (часов в месяц);

$$\sum_{\substack{i=1,\dots,9 \\ j=1,\dots,4}} m_{ij} = M$$

x_{ij} - текущая оценка уровня квалификации личности по отдельным элементам научно-технической деятельности (i,j), измеряется в долях от полного овладения ими:

$$0 \leq x_{ij} \leq 1, i = 1, \dots, 9, j = 1, \dots, 4$$

Таким образом, в качестве управлений выступают переменные m_{ij} и V_{ij} , характеризующие в каждый момент времени затраты времени развивающейся личности и ее внешней поддержки на различные элементы исследовательской деятельности.

Вторая основная гипотеза о формировании научной квалификации.
Скорость изменения научной квалификации пропорциональна творческой активности личности, ее интеллекту и креативности, достигнутому уровню квалификации и величине «недостигнутой квалификации».

Эта гипотеза позволяет записать систему дифференциальных уравнений, описывающих изменение научной квалификации в результате исследовательской деятельности.

Введем переменные

t - текущее время от начала развития личности в направлении исследовательской деятельности, месяцы;

I, K - оценка интеллекта и креативности личности в психологическом понимании (например, по результатам психологического тестирования), баллы;

$uskor$ - коэффициент пропорциональности, отражающий, в частности, воздействие используемых технологий на результативность научной деятельности (отвлеченное число).

Тогда гипотеза 2 записывается в следующем виде

$$\frac{dx_{ij}}{dt} = uskor \beta_{ij} I K m_{ij} x_{ij} (1 - x_{ij})$$

Коэффициенты β_{ij} , размерности 1/час, определяют темп увеличения квалификации при деятельности личности с определенным творческим потенциалом. Они зависят не только от специфики элемента исследовательской деятельности (i, j) , но и от квалификации личности в смежных элементах этой деятельности по горизонтали (функции) и вертикали (уровни):

$$\beta_{ij} = \beta_{ij}^0 + \beta_{ij}^1 \sum_{\substack{r=1, \dots, 9 \\ k=1, \dots, 4}} \gamma_{rk}^{ij} x_{rk}$$

Здесь γ_{ij}^{rk} - коэффициенты, учитывающие влияние квалификации по элементу (r, k) на темп повышения квалификации по элементу (i, j) ; они нормируются условием

$$\sum_{\substack{r=1, \dots, 9 \\ k=1, \dots, 4}} \gamma_{rk}^{ij} = 1, \quad i = 1, \dots, 9, \quad j = 1, \dots, 4.$$

Соотношение коэффициентов $\beta_{ij}^0, \beta_{ij}^1$ показывает относительный вклад самого элемента и влияющих на него других элементов в сложность овладения им развивающейся личностью.

Третья основная гипотеза о формировании научной квалификации.

Изменение творческой активности личности пропорционально зависит от ее мотивации и волевых качеств, содержания деятельности, результатов деятельности и их оценки обществом, а также ограничивается утомлением.

Ее математическим выражением является следующее дифференциальное уравнение:

$$\frac{dM}{dt} = (a_0 + \sum_{\substack{i=1,\dots,9 \\ j=1,\dots,4}} a_{ij} m_{ij} + a_x X_{prizn})(M_{\max} - M).$$

Здесь

a_0, a_{ij}, a_x - весовые коэффициенты, учитывающие относительную значимость соответствующих факторов,

M_{\max} - физиологически предельный уровень мотивации;

X_{prizn} - признанная обществом квалификация личности:

$$X_{prizn} = \sum_{j=1,\dots,4} c_j^u x_{8j}$$

c_j^u - коэффициенты относительной значимости уровней творчества;

$(M_{\max} - M)$ - "демпфирующий множитель", отражающий утомление, т.е. замедление темпов роста уровня мотивации при приближении к физиологическому пределу.

Обратимся к описанию внешней поддержки исследовательской деятельности развивающейся личности. Сюда входят, например, научное руководство, соавторство, привлечение других лиц для выполнения обеспечивающих работ. К примеру, для того, чтобы личность решала какую-то задачу, должна существовать постановка задачи, идея ее решения и т.п. Если квалификация личности еще недостаточна для того, чтобы это сделать самостоятельно, неизбежно участие другой, более квалифицированной в этом личности - в данном случае научного руководителя. Сформулируем этот факт в виде следующего условия.

Четвертая основная гипотеза о формировании научной квалификации.

Для обеспечения эффективной деятельности на различных этапах научного творчества совокупный труд, вкладываемый личностью и внешними помощниками в логически предшествующие элементы научной

деятельности при решении целостной научной задачи, не может быть меньше, чем в последующие.

Тогда

$$d_{ij}m_{ij} + d_{ij}^V V_{ij} \leq d_{i-1,j}m_{i-1,j} + d_{i-1,j}^V V_{i-1,j}, \quad i = 2, \dots, 9, j = 1, \dots, 4$$

Здесь

V_{ij} - текущее среднее время, уделяемое элементу деятельности (i, j) внешними помощниками, ч/мес;

d_{ij}, d_{ij}^V - безразмерные коэффициенты, учитывающие относительную трудоемкость элементов деятельности для личности и внешнего помощника.

Суммарную внешнюю поддержку V можно тогда рассматривать как сумму, ограниченную некоторой предельной величиной, зависящей от социальных, организационных условий и положения самой личности:

$$V \equiv \sum_{\substack{i=1, \dots, 9 \\ j=1, \dots, 4}} V_{ij} \leq V_{pred}$$

Для того, чтобы формируемая математическая модель позволяла решить задачу Коши, т.е. при заданных начальных значениях фазовых координат прогнозировать их изменение на требуемом временном промежутке, необходимо дополнить ее условиями, задающими в каждый момент времени значения 72 управлений. Эти условия определяются тем, каким образом задается стратегия развития личности. Стратегия задает изменение по времени структуры деятельности личности, собственно и приводящее к ее развитию, и реализуется через методическую структуру решаемых исследовательских задач. Задать стратегию развития значит задать последовательность исследовательских задач соответствующей структуры. В разрабатываемом подходе можно применить три варианта стратегий развития: эмпирическая, локально-оптимальная, глобально-оптимальная.

Наиболее реалистичной является локально-оптимальная стратегия. Она исходит из того, что решения принимаются самой развивающейся личностью, исходя из стремления оптимизировать ожидаемые результаты своей деятельности в ближайший период (поскольку прогнозирование на значительный срок невозможно). При этом критерий оптимальности определяется ее целевой установкой, т.е. системой предпочтений. В разработанной нами модели для формализованного описания подобного критерия результативности используется комплексная характеристика (линейная свертка), составленная из частных критериев. "Коэффициенты значимости" отдельных критериев в свертке отражают ценностную ориентацию личности, принимающей решение. Таким образом, здесь эффективное управление развивающейся личностью состоит в формировании ее целевой установки оптимальным, с позиций личности и общества, образом, т.е. возникает присоединенная задача оптимизации "коэффициентов значимости"

отдельных критериев, исходя из глобально-оптимальных соображений, т.е. оптимального формирования ценностной ориентации развивающейся личности.

Основанная на описанной математической модели АИС позволяет реализовать следующую поддержку наддисциплинарного курса с доступом пользователей в любое удобное им время через Интернет:

- Ведение индивидуальных журналов исследований студентов, содержащие еженедельные планы работы, согласованные с преподавателем, отчеты об их выполнении и комментарии научных руководителей, а также индивидуальные библиотеки исследовательских материалов,
- Ведение журналов преподавателей, отображающих в реальном режиме времени ход исследовательской деятельности студентов и индивидуальных научных руководителей,
- Определение индивидуальных коэффициентов математической модели формирования исследовательских компетенций каждого обучаемого с расчетом его исследовательской компетентности на текущий момент и оптимальной методической структуры исследовательской деятельности,
- Оценка творческого уровня выполненных исследовательских работ по отдельным функциям исследовательской деятельности,
- Индивидуальный мониторинг успешности внеучебной деятельности студентов и оценка степени сформированности общекультурных компетенций,
- Выдача необходимых статистических и отчетных материалов.

Использование этой АИС позволило успешно внедрить наддисциплинарный курс на факультете информационных систем и технологий Самарского государственного архитектурно-строительного университета.

Опишем проведение наддисциплинарного курса в течение семестра.

Первым этапом является распределение студентов по научным руководителям. Это тонкий процесс, непосредственное участие в котором принимает научный руководитель направления подготовки. Он совместно с преподавателями потоков распределяет научных руководителей по студентам. Затем преподаватели потоков в предварительном порядке согласовывают с научными руководителями темы индивидуальных исследовательских работ. Эта информация вводится преподавателями потоков в АИС и на занятии доводится до сведения студентов, которым даются координаты научных руководителей. В течение недели студенты должны обсудить со своими руководителями тематику и содержание предполагаемых исследовательских работ, составить и ввести в АИС аннотации работ.

Второй этап состоит в предварительной оценке творческого уровня предлагаемых работ по специальной системе критериев с помощью специальной автоматизированной информационной системы (АИС). Эта оценка производится на занятии с использованием проектора и обсуждением со всеми

студентами. Анализируется, насколько выполнение работы повысит творческий рейтинг студента и гармонизирует структуру его творческих компетенций. В процессе обсуждения содержание работы и, соответственно, аннотация корректируются.

Третий этап, занимающий весь семестр, включает два параллельных сюжета.

Во-первых, выполнение студентом запланированной работы с еженедельными консультациями научного руководителя и преподавателя потока. При этом научный руководитель и преподаватель записывают соответственно комментарии и задания в «электронный дневник» студента в АИС, а сам студент непосредственно до очередного аудиторного занятия заносит в АИС краткий отчет о ходе работы. Такая система побуждает студента регулярно заниматься выполнением исследования, дает возможность своевременно его направлять. Кроме того, важно, что анализ хода работы каждого студента буквально «на глазах» его товарищей (с использованием проектора) позволяет заслуженно поощрить или пристыдить его перед одноклассниками, мнением которых он дорожит, возможно, больше, чем преподавательским.

Во-вторых, привлечение внимания студентов к содержанию и интенсивности их учебной и внеучебной деятельности, отражаемой соответствующими АИС. Эту функцию выполняет преподаватель потока на аудиторных занятиях в контакте с ответственными за воспитательную работу на факультете. Плодотворность такой работы зависит от того, имеется ли в вузе достаточная система стимулов успешной деятельности студентов в семестре, за которые молодым людям было бы интересно бороться.

Четвертый этап проходит в середине семестра на аудиторном занятии с участием научного руководителя направления подготовки и, по возможности, индивидуальных научных руководителей. Он предусматривает коллективное (с помощью проектора) обсуждение выполняемой работы каждого студента по специальной системе критериев с помощью АИС с позиций ее перспектив при защите в конце семестра. По итогам обсуждения уточняется аннотация работы, а, возможно, и сама ее тематика.

Наконец, пятый, заключительный, этап состоит в гласной защите на аудиторном занятии каждым студентом выполненной исследовательской работы перед комиссией, состоящей из преподавателя потока и научного руководителя направления подготовки. Ими производится оценка работы по специальной системе критериев с помощью АИС, тем самым измеряется продемонстрированный студентом уровень сформированности его исследовательских и, частично, профессиональных компетенций. На этом же занятии подводится итог сформированности компетенций, проявляющихся во внеаудиторной трудовой, культурной, спортивной и общественной сферах деятельности.

Технологическая карта аудиторных занятий представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Типовая технологическая карта аудиторных занятий в семестре
в студенческой группе наддисциплинарного курса
«Технология исследовательской профессиональной деятельности»

Недел и	Содержание занятий
1	План работы в семестре, сбор телефонов, мейлов, назначение научных руководителей и примерных тем. Поручить к следующему занятию заполнить и присоединить ТЗ на работы, освежить свой сайт. У 1,2-курсников потребовать темы, если нужно звоня прямо на занятии их руководителям. <i>(До занятия студенты, все руководители, а также темы 3,4 – курсников должны быть введены преподавателем в систему мониторинга).</i>
2	Проверка и корректировка ТЗ на работы через проектор перед всеми студентами. Проверка освежения сайта <i>(До занятия студенты обязаны с руководителем составить ТЗ, оценить рейтинг через систему мониторинга и прикрепить ТЗ к своей странице; освежить сайт, выставив на него прежнюю работу и презентацию)</i>
3	Консультирование работ
4	Консультирование. Анализ хода учебно-воспитательного процесса с участием зав. кафедрой. Индивидуальный опрос о качестве взаимодействия с шефом-студентом или подшефным-студентом
5	Консультирование работ
6	Консультирование работ
7	Промежуточная оценка рейтинга работ и выдача рекомендаций по корректировке их структуры
8	Консультирование. Анализ хода учебно-воспитательного процесса с участием зав. кафедрой. Индивидуальный опрос о качестве взаимодействия с шефом-студентом или подшефным-студентом
9	Консультирование работ
10	Консультирование работ
11	Предзащита работы с 3-минутным докладом по презентации и электронному файлу с выдачей ЦУ и назначением «внутреннего эксперта»
12	Предзащита работы с 3-минутным докладом по презентации и электронному файлу с выдачей ЦУ и назначением «внутреннего эксперта»
13	Консультирование написания статей и/или реального внедрения
14	Консультирование написания статей и/или реального внедрения

15	Защита курсовых работ
16	Защита курсовых работ
17	Простановка оценок, объявление результатов и прием работ у хвостистов

Введение наддисциплинарного курса целесообразно осуществлять в течение двух лет. На первом году курс вводится на первом и третьем курсах, что позволяет реализовать все преимущества предлагаемой образовательной технологии, включая матричную структуру студенческого коллектива с «шефством» старшекурсников над младшекурсниками. На следующий год он продолжается на втором-четвертом курсах, что замыкает цикл введения курса для бакалавриата. В следующие два года он закономерно курс естественным образом распространяется на магистратуру.

Для организационно-методического и научного обеспечения курса необходимо создание в вузе специального Научно-методического центра. В его функции входит

- освоение и эксплуатация автоматизированной информационной системы обеспечения наддисциплинарного курса «Технология исследовательской профессиональной деятельности»;

- организационно-методическая помощь факультетам и кафедрам в проведении наддисциплинарного курса;

- разработка, сертификация и освоение необходимых оценочных средств и оценка, в соответствии с требованиями Федеральных образовательных стандартов, уровня компетентностного развития студентов; подготовка отчетных и аналитических материалов для текущего управления и аттестации вуза;

- ведение научных исследований и разработка необходимых нормативных и учебно-методических материалов, повышение квалификации и переподготовка профессорско-преподавательского персонала в области перехода к компетентностной парадигме высшего образования и специфики подготовки инновационных кадров;

- обобщение и распространение накопленного научно-методического опыта.

Библиографический список

1. Малышев В.В., Пиявский С.А. Исследовательский университет как инновационный вуз, тезисы докладов 9-й Международной конференции "Авиация и космонавтика -2010", М., 2010 - с.8-10
2. Пиявский С.А. Реализация компетентностной парадигмы подготовки выпускников вузов с использованием инфокоммуникационной среды, монография, М., Изд-во ИЦПКПС, 2010.- 158 с.

Сведения об авторах:

Мальшев Вениамин Васильевич, профессор, Московского авиационного института
(государственного технического университета), E-mail VeniaminMalyshev@yandex.ru

Пиявский Семен Авраамович, профессор, Самарского государственного архитектурно-
строительного университета, E-mail spiyav@mail.ru

