

УДК 37.012:001.895

**МЕТОДИКА ОБРАБОТКИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ
ДАННЫХ ПО ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОДГОТОВКИ
СТУДЕНТОВ К ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

Н.И. Наумкин, Е.А. Бобровская, Н.Н. Шекшаева, В.Ф. Купряшкин, Е.Н. Панюшкина

Описываются особенности методики организации и проведения педагогического эксперимента по определению эффективности формирования у студентов национальных исследовательских университетов компетентности в инновационной инженерной деятельности. Предложены новые количественные показатели этой оценки.

Ключевые слова: инновационная инженерная деятельность; компетентность; педагогический эксперимент; эффективность методической системы.

**METHODS PROCESSING OF EXPERIMENTAL DATA TO EVALUATE
THE EFFECTIVENESS PREPARE STUDENTS FOR INNOVATION ACTIVITIES**

N.I. Naumkin, E.A. Bobrovskaya, N.N. Shekshaeva, V.F. Kupryashkin, E.N. Panyushkina

It is described the features of the organization and methods of pedagogical experiment by determination the efficiency of formation of students' competence of National research universities in the innovative engineering activity. It is offered new quantitative indicators of this evaluation.

Keywords: innovative engineering activity; competence; pedagogical experiment; effectiveness of methodical system.

В педагогике, как и в других отраслях науки, основным критерием эффективности проводимых исследований является эксперимент, проводимый для эмпирического подтверждения или опровержения гипотезы исследования, а также подтверждения справедливости основных его теоретических положений, как обоснование того, что предлагаемое педагогическое воздействие (содержание, формы, методы, средства обучения и др.) более или менее эффективно. Доказывается, что это воздействие, будучи примененным к одному объекту (в нашем случае к экспериментальной группе студентов), дает другие результаты, чем при использовании традиционных педагогических воздействий к другому объекту (контрольная группа), причем эти две группы первоначально совпадали по своим характеристикам [1].

Для того чтобы выяснить, являются ли совпадения или различия случайными, используются статистические методы, которые позволяют на основании данных, полученных в результате эксперимента, принять обоснованное решение о со-

впадениях или различиях. В частности, до начала и после окончания эксперимента на основании информации о результатах наблюдений вычисляется эмпирическое значение критерия (Крамера – Уэлча, Вилкоксона – Манна – Уитни, хи-квадрат, Фишера). Это значение сравнивается с табличным значением – критическим значением критерия. Если эмпирическое значение критерия оказывается меньше или равно критическому, то можно утверждать, что характеристики экспериментальной и контрольной групп совпадают с уровнем значимости 0,05 по статистическому критерию, в противном случае – достоверность различий характеристик экспериментальной и контрольной групп по этому критерию равна 95 %. В предлагаемой статье описываются особенности проведения такого педагогического эксперимента по оценке предложенной методической системы формирования у студентов национальных исследовательских университетов (НИУ) компетентности в инновационной инженерной деятельности (ИИД) на основе интеграции теоретического и практического обучения этой деятель-



Рисунок 1 – Взаимодействие компонентов компетентности в ИД

ности. Причем *компетентность* определяется [2, 3] как *способность* применять знания, умения, навыки и личные качества для успешной деятельности в различных проблемных профессиональных либо жизненных ситуациях; *компетентность* – *уровень* владения субъектом совокупностью *компетенций*, отражающий степень готовности к применению знаний, умений, навыков и сформированных на их основе компетенций для успешной деятельности в определенной области [4, 5].

При решении задачи подготовки студентов НИУ к ИД в процессе обучения основам ИИД *компетентность* представлена нами как совокупность *компонентов* (рисунок 1): 1) *знаниевого* (владение фундаментальными, экономическими, этическими, экологическими знаниями, общетехническими, междисциплинарными, правовыми, специальными знаниями); 2) *деятельностного* (способность осваивать готовые решения, новую технику и технологии на правовой основе; способность определения условий конкуренции; готовность работать в команде; способность коммерциализировать готовое решение; владение знаниями; способность выделять проблему; способность ставить задачу; способность синтезировать решение, изобретать; способность проектировать; способность использовать нормативно правовые документы; способность управлять РИД; способность работать с патентной и не патентной информацией; способность анализировать технический уровень объекта; способность анализировать новизну объекта; способность определять тенденции развития объекта); 3) *мотивационного* (потребности общества и личности, стимул, интерес); 4) *психологического (способностного)* – интеллект, обучаемость,

склонность, креативность, коммуникативность; 5) *рефлексивного* (самонаблюдение, самоанализ, самооценка, самоконтроль). В основе формирования психологического, знаниевого и деятельностного компонентов лежит мотивационный компонент, а инструментарием реализации рефлексивного, мотивационного, знаниевого и психологического компонентов является деятельностный компонент. Оценивать уровень сформированности КИИД следует, измеряя степень владения составом этого компонента.

Обучающий этап педагогического эксперимента был организован во время теоретического обучения ИД дисциплине «Основы инновационной инженерной деятельности» (ОИИД) [3, 6] и во время практического обучения этой деятельности в рамках проведения летних научных студенческих школ [7, 8].

В ходе этого эксперимента решали следующие основные задачи: 1) оценить эффективность влияния теоретического обучения ИД дисциплине ОИИД студентов НИУ на формирование КИИД; 2) оценить эффективность влияния практического обучения ИД (изготовлению ИП) студентов НИУ – в условиях летних научных школ на формирование КИИД; 3) оценить эффективность влияния предлагаемой методической системы подготовки студентов НИУ к инновационной инженерной деятельности при совместном теоретическом и практическом обучении этой деятельности на формирование КИИД; 4) оценить значимость основных этапов инновационного цикла (постановка задачи – получение технического решения – подтверждение его конкурентоспособности – обретение исключительных прав на РИД – получение материального ИП) на формирование у студентов НИУ КИИД. Этот эксперимент в основном проводился в Мордовском государственном университете (на различных инженерных факультетах и институтах). В эксперименте принимали участие 18 преподавателей (9 – преподавателей дисциплин по ИИД, 5 – общетехнических дисциплин и 4 – профессиональных) и свыше 600 студентов.

В ходе эксперимента сравнивали эффективность формирования компонентов компетентности в ИИД при теоретическом обучении ИД дисциплине «Основы инженерного творчества и патентования» (ОИТиП) с эффективностью при обучении дисциплине «Основы инновационной и инженерной деятельности», которое осуществлялось в рамках деловой игры «Фирма-2». Содержание, формы и средства обучения ОИТиП подробно описаны в работах Е.П. Грошевой и Н.И. Наумкина [1, 3], а ОИИД – в работах [9, 6]. В ходе эксперимента были выделены контрольные и эксперименталь-

ные группы, состоявшие из бакалавров одного и того же направления обучения 110800 – Агроинженерия, но разных профилей. Так, в качестве контрольной группы выбиралась группа бакалавров из 24 человек, обучающихся по профилю: 04 – Технический сервис в агропромышленном комплексе, изучающих дисциплину ОИТиП, а в качестве экспериментальной – по профилю: 01 – Технические системы в агробизнесе, изучающих новую дисциплину ОИИД (25 человек). Таков выбор был не случайным, так как именно в этих группах усредненные показатели результатов экзаменационных сессии первого и второго курсов были примерно одинаковыми. В экспериментальной группе преподавание интегрированной дисциплины ОИИД велось по разработанной нами методической системе, в контрольной – по традиционной.

Одной из основных форм не только формирования КИИД, но и диагностики эффективности разработанной нами методической системы, при решении всех четырех задач эксперимента, служил хорошо зарекомендовавший себя в исследовании Е.П. Грошевой [10, 11] инновационный метод обучения – деловая игра (“Фирма-2”) с поэтапным формированием готовности студентов к ИД, что не раз также было подтверждено в исследованиях Н.М. Анисимова [1], А.М. Князева и др. Подробное содержание предложенной нами деловой игры “Фирма-2” изложено в работах [5, 7], отметим только, что она осуществлялась в несколько этапов: 1) формирование команды, распределение ролей; 2) создание фирмы, выбор рода деятельности фирмы и фирменного наименования; 3) формулирование решаемой проблемы; 4) получение технического решения; 5) разработка 3D модели детали; 6) разработка изделия на 3D принтере; 7) оформление заявительских материалов на РИД; 8) защита проекта.

Такая активно-игровая технология, сконструированная в рамках методической системы формирования КИИД у студентов НИУ при теоретическом и практическом обучении этой деятельности [8], позволяет осуществить формирование, развитие, оценку и коррекцию КИИД при соблюдении следующих 11 педагогических принципов: 1) активности (активно действовать – необходимое правило участия в игре); 2) самостоятельности (самостоятельные усилия управления своей деятельностью); 3) коллективности (необходимые коллективные действия для достижения результата); 4) моделирования (моделируется реальная ситуация); 5) проблемности (разрешение проблемных ситуаций ведет к развитию творческого мышления – основы ИИД); 6) исполнения ролей (разыгрывание ролей способствует развитию личности);

7) системности (использование системного подхода как в разрешении противоречий технических, так и социальных внутри команды); 8) результативности (обеспечение обязательного получения результата); 9) обратной связи (диктует прохождение и отображение информации о протекании игры и деятельности в игре); 10) принцип соревновательности (побуждает к достижению более высокого результата); 11) новизны (обеспечивает познавательную активность).

Количественная оценка уровня сформированности у студентов НИУ по каждому из 15 компонентов КИИД подготовленности в указанных выше группах, а также в летней научной школе определялась по известной методике [1, 7–9, 12, 13], а именно – по среднему показателю динамических рядов C , определяемому по формуле:

$$C = (a + 2b + 3c) / 100,$$

где a , b , c – удельный вес студентов имеющих соответственно низкий (1), средний (2) и высокий (3) уровень подготовки, %.

Показатель темпа роста (K), отражающий эффективность предлагаемой методической системы по каждому компоненту ИИД, вычислялся по формуле:

$$K = C_d / C_{II},$$

где C_d – значение показателя до эксперимента, C_{II} – значение показателя после эксперимента.

По экспериментальным данным [8, 10] были построены лепестковые диаграммы изменения показателя C для каждого компонента КИИД, а именно: для контрольной и экспериментальной групп до эксперимента (рисунок 2, а) и после (рисунок 2, б), а также для слушателей летней школы до и после эксперимента (рисунок 2, в). Из представленных диаграмм видно, что до эксперимента в целом студенты как в контрольной, так и в экспериментальной группах (рисунок 2, а), по большинству показателей находились на низком уровне ($C = 1$) подготовки к ИИД, и только по отдельным показателям приближались к среднему уровню подготовки ($C = 2$), достигая значения $C = 1,8$, кроме того, в обеих группах прослеживалась ярко выраженная неравномерность уровней сформированности компонентов КИИД.

После проведения эксперимента в рассматриваемых группах в целом уровень владения компонентами КИИД вырос, только в контрольной группе по трем компонентам он остался на низком уровне и, кроме того, сохранился практически без изменения характер их неравномерности по осям диаграммы. В экспериментальной же группе эти уровни значительно выросли для всех компонентов КИИД и достигли значений, приближающихся к 3-м, при этом они стали примерно равными,

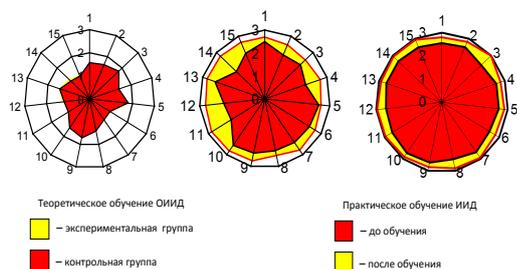


Рисунок 2 – Диаграммы изменения среднего показателя КИИД: а – до эксперимента; б – после эксперимента; в – в летней научной школе

Цифрами обозначены следующие компоненты КИИД: 1 – способность осваивать готовые решения, новую технику и технологии на правовой основе, 2 – способность определения условий конкуренции, 3 – готовность работать в команде, 4 – способность коммерциализировать готовое решение, 5 – владение знаниями, 6 – способность выделять проблему, 7 – способность анализировать технический уровень объекта, 8 – способность анализировать новизну объекта, 9 – способность определять тенденции развития объекта, 10 – способность ставить задачу, 11 – способность синтезировать решение, изобретать, 12 – способность проектировать, 13 – способность использовать нормативно правовые документы, 14 – способность управлять РИД, 15 – способность работать с патентной информацией.

и огибающая их кривая приблизилась по форме к окружности с радиусом равным 3 единицам (высокий уровень владения всеми компонентами). При этом, для всех компонентов компетентности в ИИД значения критерия T превышает критическое, равное 5,99, следовательно, различие между контрольными и экспериментальными группами статистически значимо.

Анализ диаграммы (рисунок 2, в), построенной по данным, полученным в летней научной школе, показал, что: 1) как до эксперимента, так и после него наблюдается стабильность уровней владения различными компонентами КИИД, обусловленная предварительной подготовкой к ИИД в вузе; 2) если до эксперимента уровень владения компонентами КИИД у всех слушателей был высокий и составлял в среднем $C = 2,5$, то после эксперимента он вырос до среднего значения $C = 2,9$, достигнув по некоторым компонентам значения, равного 3; 3) изменение значения показателя C по всем 15 осям как до эксперимента, так и после плавное, их огибающие представляют практически окружности, что позволяет судить о гармоничности владения студентами компонентами КИИД.

Кроме приведенных результатов, полученных в ходе эксперимента, организованного по известным методикам, авторы считают целесообразным дополнительно включить в анализ построенных диаграмм (рисунок 2 а, б, в) вычисление следующих трех параметров: 1) коэффициент темпа роста, K_s ; 2) степень полноты формирования КИИД, P_s ; 3) коэффициент неравномерности формирования компонентов КИИД, δ .

Коэффициент K_s по содержанию идентичен показателю темпа роста K , только вычислять его предлагается не как отношение средних показателей динамических рядов C до эксперимента и после, а как отношение площадей фигур ($K_s = S_{II} / S_{I}$) на диаграммах (рисунок 2 а, б, в), ограниченных замкнутой линией, соединяющей точки со значениями C на осях лепестковых диаграмм до (Д) и после эксперимента (П).

Степень полноты формирования КИИД P_s характеризует в % долю несформированных компонентов КИИД и вычисляется по формуле:

$$P_s = 100 - (S_0 - S_{Э(К)}) / S_0 * 100 \%,$$

где S_0 – площадь круга радиуса R_0 , равного 3 единицам; $S_{Э(К)}$ – площади фигур на диаграммах, полученных в ходе эксперимента.

Название третьего параметра коэффициента неравномерности формирования компонентов КИИД δ , говорит само за себя и вычисляется по формуле:

$$\delta = 2(C_{MAX} - C_{MIN}) / (C_{MAX} + C_{MIN}),$$

где C_{MAX} и C_{MIN} соответственно максимальное и минимальное значения из 15 компонентов КИИД, полученных для каждой группы.

Вычисленные по этим формулам значения K_s , P_s и δ показали, что: во-первых, темп роста уровня сформированности КИИД в экспериментальной группе в ходе обучающего эксперимента составляет 1,42, а в летней школе – 1,27 (соответственно 42 и 27 %), что является дополнительным подтверждением гипотезы исследования; во-вторых, степень полноты формирования КИИД составляет для обеих групп до эксперимента $P_s = 57 \%$, после эксперимента для контрольной группы $P_s = 24 \%$, для экспериментальной – $P_s = 10 \%$, в летней научной школе до эксперимента – $P_s = 12 \%$, после – $P_s = 6 \%$, что позволяет говорить о высокой оценке владения полученными знаниями; в-третьих, значения коэффициентов неравномерности формирования компонентов КИИД δ до ($\delta = 0,5$) и после эксперимента в контрольной ($\delta = 0,33$) и в экспериментальной ($\delta = 0,12$), а также в летней школе до ($\delta = 0,12$) и после ($\delta = 0,07$) эксперимента позволяют судить о достаточной равномерности формирования различных компонентов КИИД.

Таким образом, проведенный педагогический эксперимент подтвердил выдвинутую гипотезу о возможности повышения эффективности процесса формирования у студентов компетентности в инновационной инженерной деятельности за счет интеграции теоретического обучения дисциплине “Основы инновационной инженерной деятельности”, обеспечивающей включение студентов во все этапы цикла такой деятельности, и практического обучения получению материальных инновационных продуктов, а дополнительно предложенные показатели – коэффициент темпа роста, K_s ; степень полноты формирования КИИД, P_s и коэффициент неравномерности формирования компонентов КИИД, δ сделали его более наглядным и достоверным.

Литература

1. *Наумкин Н.И.* Методическая система формирования у студентов технических вузов способностей к инновационной инженерной деятельности в процессе обучения общетехническим дисциплинам / Н.И. Наумкин: дис. ... д-ра пед. наук. Саранск, 2009. 499 с.
2. *Naumkin N.I., Kupryashkin V.F., Grosheva E.P., Shekshaeva N.N.* Integrated Technology of Competence Staged Formation in Innovation Through Pedagogy of Cooperation / N.I. Naumkin, V.F. Kupryashkin, E.P. Grosheva, N.N. Shekshaeva // World Applied Sciences Journal. Date Views 16.12.13. P. 935–938. [http://www.idosi.org/wasj/wasj27\(7\)13/21.pdf](http://www.idosi.org/wasj/wasj27(7)13/21.pdf); <http://www.idosi.org>.
3. *Наумкин Н.И.* Подготовка студентов национальных исследовательских университетов к инновационной деятельности в процессе обучения техническому творчеству / Н.И. Наумкин, Е.П. Грошева, В.Ф. Купряшкин; под ред. П.В. Сенина, Ю.Л. Хотунцева; Моск. пед. гос. ун-т. Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2010. 120 с.
4. *Naumkin N.I.* Interrelation and interference of the competence components in innovative engineering activity / N.I. Naumkin, E.P. Grosheva, V.F. Kupryashkin // European Journal of natural history. 2014. № 2. P. 39–41.
5. *Наумкин Н.И.* Методическая система формирования у студентов технических вузов способностей к инновационной инженерной деятельности / Н.И. Наумкин; под ред. П.В. Сенина, Л.В. Масленниковой; Моск. пед. гос. ун-т. Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2008. 172 с.
6. *Наумкин Н.И.* Особенности подготовки студентов национальных исследовательских университетов к инновационной инженерной деятельности / Н.И. Наумкин, Е.П. Грошева, Н.Н. Шекшаева, В.Ф. Купряшкин // Интеграция образования. 2013. № 4. С. 4–14.
7. *Наумкин Н.И.* Летние научные школы – важный компонент подготовки студентов национальных исследовательских университетов к инновационной деятельности / Н.И. Наумкин, Е.П. Грошева, В.Ф. Купряшкин и др. // Фундаментальные исследования. 2012. № 11. С. 184–189.
8. *Наумкин Н.И.* Практическое обучение студентов технических вузов инновационной деятельности в научных школах / Н.И. Наумкин, В.Ф. Купряшкин, А.Ф. Фирстов и др. // Современные проблемы теории машин: Матер. II между. заочн. науч.-практич. конф. НОЦ “МС”. Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2014. С. 154–157.
9. *Наумкин Н.И.* Выявление степени готовности студентов к формированию инновационных компетенций / Н.И. Наумкин, Н.Н. Шекшаева, Е.П. Грошева, В.Ф. Купряшкин, Е.Н. Панюшкина // Учебный эксперимент в образовании. 2012. № 3. С. 19–23.
10. *Наумкин Н.И.* Подготовка студентов национальных исследовательских университетов к инновационной инженерной деятельности на основе интеграции теоретического и практического обучения этой деятельности / Н.И. Наумкин, Н.Н. Шекшаева, Е.П. Грошева. Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2014. 248 с.
11. *Practical training in innovative engineering activity / E.P. Grosheva, N.I. Naumkin, G.I. Shabanov, N.N. Shekshaeva, V.F. Kupryashkin, E.N. Panyushkina // European Journal of natural history. 2015. № 4. P. 37–40.*
12. *Наумкин Н.И.* Оценка эффективности формирования у студентов технических вузов способности к инновационной инженерной деятельности в процессе обучения общетехническим дисциплинам // Сибирский педагог. журн. 2008. № 8. С. 30–38.
13. *Наумкин Н.И.* Экспериментальная оценка готовности технических вузов к формированию у студентов компетентности в инновационной инженерной деятельности / Н.И. Наумкин, Н.Н. Шекшаева, Е.П. Грошева и др. // Учебный эксперимент в образовании. 2012. № 1. С. 4–9.