УДК 378:372.851

МОДЕЛЬ ДИАГНОСТИКИ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ КОМПЕТЕНТНОСТИ СТУДЕНТОВ ЭКОНОМИЧЕСКИХ НАПРАВЛЕНИЙ НА ОСНОВЕ ПОРТФОЛИО

[1]Суховиенко Е.А., [2]Абдрахимова Д.И.

[1]ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет», Челябинск, e-mail: suhovienko@mail.ru;

[2]ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)», Челябинск, e-mail: abdrakhimovadi@susu.ru

В статье представлена структура математической компетентности студентов экономических направлений. Декомпозиция входящих в нее математических компетенций с помощью таксономии «знать, уметь, владеть» позволила разработать структуру портфолио для их диагностики. Установлена взаимосвязь конкретизированных требований математических компетенций и элементов портфолио. Показаны примеры таких элементов портфолио, как тестирование, кейсы, семестровые задания, олимпиадные задачи с явным указанием компонентов математических компетенций, на диагностику которых они направлены. На основе регрессионного анализа построена математическая модель, позволяющая получать не только итоговую, но и текущую оценку сформированности компетенций, что является основой для определения экзаменационной оценки студента и принятия коррекционных мер в процессе обучения. Представлена карта самооценки студентами собственных математических компетенций на основе портфолио и показано ее влияние на формирование умений самодиагностики. Приведены данные экспериментальной проверки построенной модели диагностики математической компетентности на основе портфолио. Показана эффективность диагностики по критериям качества информации о сформированности у студентов математических компетенций и развития у них мотивации и умений самодиагностики. С помощью методов математической статистики обоснована достоверность полученных результатов.

Ключевые слова: диагностика, структура портфолио, математические компетенции, модель, самооценка

DIAGNOSTIC MODEL OF MATHEMATICAL COMPETENCE STUDENTS OF ECONOMIC DIRECTIONS BASED ON PORTFOLIO

[1]Sukhovienko E.A., [2]Abdrakhimova D.I.

[1]Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education South Ural State Humanitarian-Pedagogical University, Chelyabinsk, e-mail: suhovienko@mail.ru;

[2]Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education South Ural State University (National Research University), Chelyabinsk, e-mail: abdrakhimovadi@susu.ru

The article presents the structure of mathematical competence of students of economic directions. The decomposition of mathematical competences that belong to it using the taxonomy of «know, be able, own» allowed us to develop a structure of a portfolio for their diagnosis. The interrelation of the concretized requirements of mathematical competences and elements of a portfolio is established. The examples of such elements of the portfolio as testing, case studies, semester assignments, and olympiad tasks with an explicit indication of the components of mathematical competences, which they are directed to diagnose, are shown. Based on the regression analysis, a mathematical model has been built, which allows to get not only the final, but also the current assessment of the competence formation, which is the basis for determining the student's examination score and taking corrective measures in the learning process. A self-assessment form of students' own mathematical competencies based on the portfolio is presented and its influence on the formation of self-diagnostics skills is shown. The data of experimental verification of the constructed model of diagnostics of mathematical competence based on the portfolio are given. The effectiveness of diagnostics on the criteria of quality of information on the formation of students ' mathematical competencies and the development of their motivation and self-diagnosis skills is shown. With the help of mathematical statistics methods, the reliability of the obtained results is substantiated.

Keywords: diagnostics, portfolio structure, mathematical competencies, model, self-assessment

Предоставление педагогам инструментов диагностики и преодоления индивидуальных пробелов в обучении математике – одна из задач, поставленных Концепцией развития математического образования в Российской Федерации [1]. Реализация высшего образования предполагает проведение диагностики в процессе обучения математике студентов вуза. Анализ существующей практики педагогической диагностики математической подготовки студентов показал, с одной стороны, необходимость ее эффективной организации, а с другой – недостаточность средств ее реализации. В современной системе образования широко используется портфолио, в том числе и для педагогической диагностики. В сфере высшего образования портфолио рассматривается как средство оценки сформированности компетенций [2] и как техно-

логия развития профессиональных и личностных качеств студентов [3].

Цель исследования: разработать и экспериментально проверить модель диагностики математической компетентности студентов экономических направлений на основе портфолио путем анализа диагностируемого феномена и установления соответствия средств и методов диагностики структуре математической компетентности.

Материалы и методы исследования

В основу нашего исследования положен метод моделирования для построения структурно-функциональной модели диагностики на основе портфолио и математической модели преобразования исходных диагностических данных в искомый показатель.

Результатом математической подготовки бакалавров экономических направлений мы полагаем их математическую компетентность. Структура математической компетентности отражает структуру математической деятельности, включая три основные части, каждая из которых конкретизируется соответствующим перечнем компетенций (рис. 1).

Компетенции, входящие в первую и вторую части математической компетентности, конкретизированы следующим образом (рис. 2), а конкретизация компетенции из третьей части связана с содержанием изучаемого материала и далее будет показана на примере темы «Интегральное исчисление».

Сопоставление конкретизированных требований к математической подготовке студентов с существующими в теории и практике средствами и методами диагностики позволило выявить входящие в структуру портфолио методы и средства. Все элементы математической компетентности диагностировались с помощью *тестирования* во время стартовой, текущей и промежуточной диагностики, на *экзамене* в ходе итоговой диагностики и являлись предметом *самодиагностики*. *Коллоквиум* служил для диагностики знания теоретического материала и владения приемами доказательств, а *контрольная работа* оценивала умение решать типовые задачи с помощью определенного интеграла. *Семестровое задание* направлено на диагностику умения применять определенный интеграл и владение методами моделирования. *Олимпиадные и нестандартные задачи*, например *вычислить интеграл* $\int_{-1}^{1} \frac{dx}{(e^x+1)(x^2+1)}$, позволяют оценить владение эвристическими приемами поиска решения задач, связанных с определенным. *Кейс* и *доклад* проверяют владение методами математического анализа и методами моделирования для решения практико-ориентированных экономических задач [4].

Опишем разработку содержательного наполнения модели на примере компетенции «Владение способностью составлять математические модели практико-ориентированных задач, находить способы их решений и интерпретировать практический смысл полученного математического результата» на примере темы «Интегральное исчисление». Знание основных математических моделей из области экономики проверяет следующее тестовое задание:

По какой формуле вычисляется производительность труда p(t), если A(t) – объем работы, выполненный на момент времени t?

1. $p(t) = A'(t)$.
2. $p(t) = \frac{A(t)}{t}$.
3. $p(t) = \frac{t}{A(t)}$.
4. $p(t) = A(t) \cdot t$.

Рис. 1. Структура математической компетентности

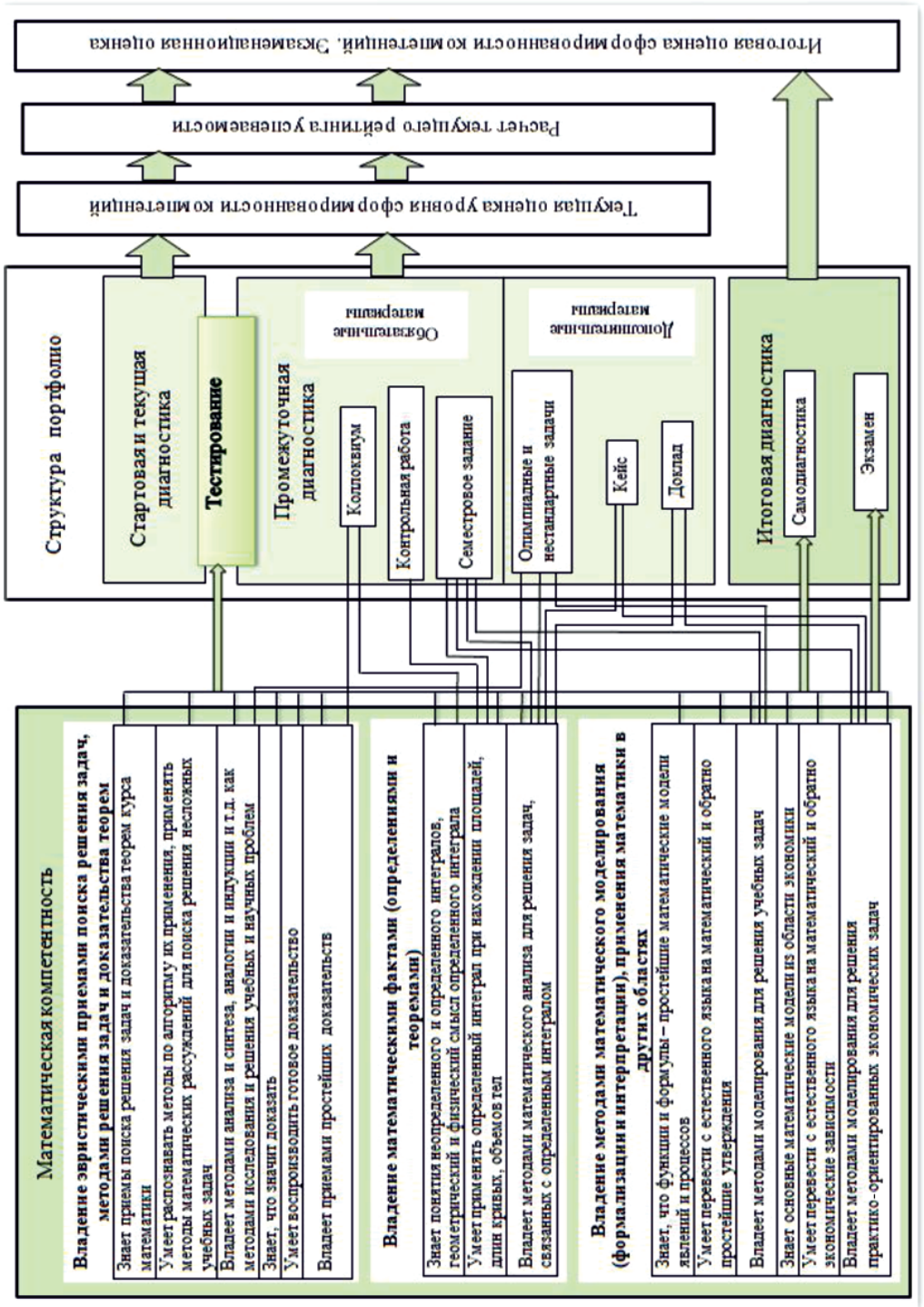

Рис. 2. Структура портфолио для диагностики математической подготовки студентов

Примером тестового задания для диагностики умения перевести с естественного языка на математический и обратно экономические зависимости является следующее:

Объем выпуска продукции предприятия в 2010 г. составлял 100000 единиц, и в каждом последующем году увеличивался на 10000 единиц. Себестоимость одной единицы продукции – 340 р., а норма амортизации равнялась 1,25% от себестоимости продукции. Найдите сумму амортизационных отчислений с 2010 по 2019 г.

1. $A = \int_0^{10} (100000 + 10000t) \cdot 340 \cdot 0,0125\, dt.$

2. $A = \int_0^{10} (100000 + 10000t) \cdot 340 \cdot 1,25\, dt.$

3. $A = \int (100000 + 10000t) dt \cdot 340 \cdot 0,0125\, dt + C.$

4. $A = (100000 + 10000 \cdot 10) \cdot 340 \cdot 0,0125.$

Одно из семестровых заданий по теме «Интегральное исчисление» содержало прикладную задачу: «*Поступление товара на склад описывается функцией* $V = 0,006t^2 - 0,3t + 75$, *а реализация этих товаров торгующей организацией описывается функцией* $V_1 = 0,003t^2 - 0,4t + 56$, *где t – количество дней. Определить запас товара в условных единицах по истечении 60 рабочих дней, если исходного товара на складе не было*», диагностирующую знание основных математических моделей из области экономики и владение методами моделирования для решения практико-ориентированных экономических задач. В качестве кейса студентам предлагалось задание: *первоначальное капиталовложение составляет 20 млн руб., планируется ежегодно увеличивать капитал на 6 млн руб. Определите дисконтированный доход за пять лет при процентной ставке 10,5%. Раскройте экономический смысл полученного результата.*

Опишем составление математической модели [5] для диагностики вышеуказанной компетенции. В тесте, диагностирующем знание основных математических моделей из области экономики и умение перевести с естественного языка на математический и обратно экономические зависимости, каждое тестовое задание оценивалось одним баллом и коэффициенты сформированности компетенции на уровне знания и умения вычислялись как процент верно выполненных заданий. Владение методами моделирования для решения практико-ориентированных экономических задач также оценивалось с помощью теста (каждое тестовое задание по 1 баллу), семестрового задания (каждая задача по 2 балла), доклада и кейса (каждый оценивался по 3 балла), и коэффициент сформированности компетенции на уровне владения вычислялся как процент набранных баллов от их максимальной суммы.

Для построения математической модели мы использовали метод наименьших квадратов, позволивший построить эмпирическое уравнение регрессии $y = 3,29 + 0,30x_1 + 0,23x_2 + 0,44x_3$, где x_1, x_2, x_3 – коэффициенты сформированности компетенций студента (по стобалльной шкале) на соответственно уровнях «знать», «уметь», «владеть». Полученное уравнение позволяет диагностировать текущее состояние сформированности компетенции в каждый момент времени. Это позволяет организовать коррекционную работу для ликвидации пробелов и недочетов, а также стимулировать студентов к улучшению своей математической подготовки. По каждой компетенции была построена своя математическая модель, учитывающая результаты всех контрольных мероприятий, затем вычислялось среднее значение коэффициента сформированности компетенций. В конце изучения дисциплины формировалась итоговая оценка сформированности компетенций, которая затем преобразовывалась в экзаменационную оценку.

В ходе итоговой самодиагностики студент должен был оценить свою деятельность по освоению дисциплины, выставив себе оценку, которую можно подтвердить теми или иными составляющими портфолио. После того, как все достижения были задокументированы, студенты просматривали свое портфолио и заполняли карту самооценки, в которой оценивали сформированность собственных компетенций и в свободной форме описывали положительные и отрицательные моменты своей учебной деятельности при изучении дисциплины, отмечали лучшие свои работы (рис. 3). Например, студентка Мария И. пишет, что в процессе изучения темы «Интегрирование функций одной переменной» она узнала, что многие явления и процессы экономики описываются с помощью определенного интеграла, научилась применять интеграл для вычисления объёма продукции, произведенный за данный промежуток времени, приращения капитала по объему инвестиций, величины банковского вклада по его начальной величине и процентной ставке, добавочной выгоды (излишка) производителя и потребителя. Аргументированное заполнение карты самооценки позволяло студенту повысить свою итоговую оценку.

Результаты исследования и их обсуждение

Анализ эффективности диагностики математической подготовки студентов на основе портфолио проводился в процессе опытно-поисковой работы на факультете экономики и управления Южно-Уральского государственного университета в 2012–2019 гг. по показателям сформированности мотивации, умений самодиагностики студентов и качества информации, полученной с помощью портфолио, о сформированности у них математических компетенций.

Уровень мотивации студентов оценивался с помощью методики «Определение уровня мотивации достижения успеха» [6]. Мы выделили три группы исследуемых: характеризующихся мотивом стремления к успеху (высокий уровень), характеризующихся мотивом избегания неудачи (низкий уровень), составляющих средний уровень. Уровень рефлексивности оценивался по методике А.В. Карпова [7]. Результаты опытно-поисковой работы представлены в таблице.

По обоим показателям значение критерия Пирсона $\chi^2_{эксп}$ больше $\chi^2_{кр}$, значит, изменение уровней сформированности мотивации и рефлексии, обусловленное реализацией модели педагогической диагностики математической подготовки на основе портфолио, является достоверным.

Компетенция	Критерии сформированности компетенций по уровням			Выставленный студентом балл	Подтверждение оценки элементом портфолио
	Я узнал(а) (1 балл)	Я научился(ась) (2 балла)	Я владею (3 балла)		
Владеть методами поиска решения задач и доказательства теорем курса математики	приемы поиска решения задач и доказательства теорем курса математики	распознавать методы по алгоритму их применения, применять методы математических рассуждений для поиска решения несложных учебных задач	методами анализа и синтеза, аналогии и индукции и т.д. как методами исследования и решения учебных и научных проблем		
Владеть способами доказательства основных утверждений из курса математики	что значит доказать	воспроизводить готовое доказательство	приемами простейших доказательств		
Уметь переводить на математический язык проблемы, поставленные в терминах других предметных областей или других областей математики	что функции и формулы – простейшие математические модели явлений и процессов	перевести с естественного языка на математический и обратно простейшие утверждения	методами моделирования для решения учебных задач		
Обладать способностью составлять математические модели практико-ориентированных задач, находить способы их решений и интерпретировать практический смысл полученного математического результата	основные математические модели из области экономики	перевести с естественного языка на математический и обратно экономические зависимости	методами моделирования для решения практикоориентированных экономических задач		
Готов использовать основные положения и базовые методы математики	определение первообразной; определение неопределенного интеграла; определение определенного интеграла; формулу Ньютона-Лейбница; признаки сходимости несобственного интеграла; формулу длины дуги; формулу площади криволинейной трапеции	находить неопределенный интеграл; находить определенный интеграл; вычислять несобственный интеграл; вычислять площади фигур, ограниченных линиями; вычислять длины дуг кривых; вычислять объем тела, полученного вращением плоской фигуры	основными методами вычисления первообразной; методами вычисления определенного интеграла; методами исследования сходимости несобственного интеграла		
Максимальный балл 15	% от максимального балла				

Рис. 3. Карта самооценки студента

Качество информации о сформированности у студентов математической компетентности мы определяем как степень соответствия результатов диагностики с помощью портфолио экспертным оценкам. Ранговый коэффициент корреляции К. Спирмена этих двух рядов оценок для группы из 40 студентов составил 0,56, что превышает критическое значение 0,40 на уровне значимости 0,01. Таким образом, результаты диагностики математической компетентности студентов на основе портфолио коррелируют с результатами экспертной оценки, что свидетельствует о качестве диагностической информации.

Динамика уровня сформированности мотивации и рефлексивности

	Уровень сформированности мотивации		Уровень рефлексивности	
	До начала опытно-поисковой работы	После опытно-поисковой работы	До начала опытно-поисковой работы	После опытно-поисковой работы
высокий	15	25	13	28
средний	35	48	36	47
низкий	94	71	95	69
Всего	144	144	144	144

Выводы

Выявив структуру математической компетентности студентов экономических направлений, мы разработали структуру портфолио, включающую стартовую, текущую, промежуточную и итоговую диагностику. Разработанная модель диагностики на основе портфолио устанавливает взаимосвязь компетенций, конкретизирующих математическую компетентность, и элементов портфолио. Содержательное наполнение модели реализует соответствие математических компетенций и средств и методов их диагностики.

На основе регрессионного анализа была построена математическая модель для количественной оценки компетенций, суммирующая результаты всех контрольных мероприятий, определяющих структуру портфолио. Экспериментальная проверка построенной модели позволила судить о ее эффективности как соответствии критериям сформированности мотивации, умений самодиагностики и качеству информации о процессе и результатах математической подготовки студентов.

Список литературы

1. Концепция развития математического образования в Российской Федерации [Электронный ресурс]. URL: http://http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_156618/ (дата обращения: 19.05.2019).

2. Николаева В.И. Портфолио как метод оценки уровня сформированности компетенций // Инновации и современные технологии в системе образования: материалы III международной научно-практ. конф. Прага: Vědecko vydavatelské centrum «Sociosféra-CZ», 2013. С. 235–236.

3. Благовисная А.Н. Портфолио по математическим дисциплинам как средство развития профессиональной Я-концепции студента // Вестник Оренбургского государственного университета. 2010. № 9 (115). С. 148–153.

4. Суховиенко Е.А., Абдрахимова Д.И. Кейс как средство диагностики математической подготовки студентов // Преподавание математики и информатики в школах и в вузах: проблемы содержания, технологии и методики: сб. науч. и научно-практ. статей VI Всероссийской научно-практической конференции. Глазов, 2018. С. 133–138.

5. Суховиенко Е.А. Математическая модель рейтинговой системы диагностики компетенций будущих учителей математики // Актуальные проблемы развития среднего и высшего образования: межвузовский сб. науч. трудов. Челябинск: КрайРА, 2015. С. 92–98.

6. Фетискин Н.П., Козлов В.В., Мануйлов Г.М. Диагностика мотивации достижения (А. Мехрабиан) // Социально-психологическая диагностика развития личности и малых групп. М., 2002. С. 98–102.

7. Карпов А.В. Рефлексивность как психическое свойство и методики её диагностики // Психологический журнал. 2003. Т. 24. № 5. С. 45–57.