

К ВОПРОСУ ОБ УРОВНЕ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНЫХ ДИСЦИПЛИН

Бочкарева О.В.¹, Зотов П.Ю.¹, Снежкина О.В.², Киселев А.А.²

¹ФГКВБОУ ВПО "Пензенский артиллерийский инженерный институт", Пенза, Россия, e-mail: olyboch@rambler.ru;

²ФГБОУ ВПО "Пензенский государственный университет архитектуры и строительства", Пенза, Россия, e-mail: o.v.snezhkina@yandex.ru

В статье рассмотрена проблема определения уровня сформированности компетенций у курсантов военных вузов при изучении дисциплины «Высшая математика» путем решения математических задач профессиональной направленности. Авторами выделены три уровня полноты формирования компетенций и описаны критерии проверки для каждого из уровней. Первый уровень – овладение курсантом простым действием. Данный уровень обеспечивается решением задач на применение отдельной математической формулы. Второй уровень – овладение курсантом последовательностью взаимосвязанных действий. Сформированность компетенции на втором уровне проверяется решением задач, требующим применения не только отдельной математической формулы, но и математического метода. Третий уровень – овладение курсантом совокупностью методов и отдельных формульных зависимостей, необходимых для решения конкретной задачи. В статье рассмотрены примеры, показывающие практическую реализацию предлагаемой методики. Разработанный теоретический аппарат может быть использован не только на занятиях по математике, но и при изучении других дисциплин.

Ключевые слова: обучение математике, компетенция, уровень сформированности компетенций, математическая задача, деятельностный подход.

TO THE QUESTION ABOUT THE LEVEL OF FORMATION OF COMPETENCES IN THE STUDY OF NATURAL SCIENCES

Bochkareva O.V.¹, Zotov P.Y.¹, Snezhkina O.V.², Kiselev A.A.²

¹Penzensky Artillery Engineering Institute, Penza, Russia, e-mail: olyboch@rambler.ru;

²Penzensky State University of Architecture and Construction, Penza, Russia, e-mail: o.v.snezhkina@yandex.ru

The article considers the problem of determining the level of formation of competences of graduates of military academies in the study of discipline "Higher mathematics" by solving mathematical problems professional orientation. The authors identified three levels of completeness of competences and describes the validation criteria for each of the levels. The first level - mastering the cadet simple action. This level is provided by solving problems on the application of mathematical formulas. Second level - master cadet sequence of interrelated actions. Readiness competencies at the second level is checked by solving problems that require not only mathematical formulas, and mathematical method. The third level is the master cadet set of methods and a separate formula of the dependencies required for a specific task. In the article the examples of practical implementation of the proposed methodology. Theoretical apparatus can be used not only in mathematics but also in the study of other disciplines.

Keywords: mathematics education, competence, level of formation of competences of the mathematical task, activity approach.

Модернизация системы образования, происходящая сейчас в российских военных вузах, заставляет по-новому взглянуть на существующую систему обучения. Введение ФГОС-3 требует переосмысления традиционных подходов к образовательному процессу. Новый образовательный стандарт, в отличие от существовавшего ранее ФГОС – 2, предполагает овладение курсантами не только определенным набором знаний, умений и навыков, но еще и совокупностью общих, профессиональных и военно-профессиональных компетенций. Что же такое компетенция? С одной стороны, компетенции определяют требования к уровню подготовки будущего инженера. С другой стороны, компетенция есть

совокупность взаимосвязанных личностных качеств (знаний, умений, навыков, способов деятельности), которые необходимы выпускнику для дальнейшей продуктивной деятельности. Таким образом, компетенция является той базовой единицей, которая обеспечивает связь обучения и будущей профессиональной деятельности. Формирование компетенций есть одна из приоритетных задач современного этапа обучения. А уровень сформированности компетенций определяет степень готовности выпускника вуза к несению военной службы.

Каждая дисциплина, изучаемая в вузе, направлена на овладение курсантами определенной совокупности компетенций. Так, в соответствии с ФГОС – 3, дисциплина «Высшая математика» должна формировать у курсантов следующие компетенции [8, 1, 2]:

- способность представить современную картину мира на основе целостной системы естественнонаучных и математических знаний (ОК-1);
- владение культурой мышления, способностью к обобщению, анализу, критическому осмыслению, систематизации, прогнозированию, постановке целей и выбору путей их достижения, умение анализировать логику рассуждений и высказываний (ОК-7);
- способность самостоятельно применять методы и средства познания, обучения и самоконтроля для приобретения новых знаний и умений, в том числе в новых областях, непосредственно не связанных со сферой деятельности (ОК-8);
- способность на научной основе организовывать свой труд, самостоятельно оценивать результаты своей деятельности, владеть навыками самостоятельной работы, в том числе в сфере проведения научных исследований (ПК-2);
- способность самостоятельно выполнять научно - исследовательские работы и их отдельные разделы поискового и прикладного характера (ПК-11).

Естественным образом встает вопрос: «Какие средства необходимо использовать, чтобы сформировать, а затем осуществлять проверку уровня сформированности перечисленных компетенций?» [3, 4, 5].

Известно, что обучение в математике осуществляется через решение задач. Поэтому, для проверки полноты сформированности компетенций мы предлагаем использовать математические задачи общей и профессиональной направленности. С позиций деятельностного подхода решение задач есть процесс выполнения действий (мыслительных операций), направленный на достижение цели, заданной в рамках проблемной ситуации — задачи. Следовательно, полнота овладения курсантами действиями по решению задачи и определяет уровень сформированности компетенций [6, 7].

В своей работе мы определили следующие критерии, по которым оценивается уровень сформированности компетенций:

1 уровень – овладение курсантом отдельно взятым действием. Данный уровень обеспечивается решением задач на применение отдельной математической формулы.

В качестве примера рассмотрим следующую задачу: при определении характеристик рассеивания по дальности артиллерийской системы (случайная величина X имеет нормальный закон распределения) производится 16 выстрелов со средним квадратическим отклонением равным 8 метрам. Найти доверительную вероятность для статистической оценки математического ожидания, если доверительный интервал $2\varepsilon = 4$.

Для решения задачи необходимо выполнить одно действие – рассчитать показатель функции Лапласа по формуле $z_p = \frac{\varepsilon\sqrt{n}}{\sigma_x}$ и по таблице найти значение функции Лапласа $\Phi(z_p) \rightarrow p$.

$$z_p = \frac{2\sqrt{16}}{8} = 1$$

$$\Phi(1) \rightarrow p = 0,683$$

2 уровень – овладение курсантом последовательностью взаимосвязанных действий. Данный уровень обеспечивается решением задач, требующим применения не только отдельных математических формул, но и математического метода.

Формулировка такой задачи может быть следующая: в должности начальника отдела технического контроля арсенала ГРАУ произвести выбор артиллерийских снарядов ($n = 200$) из текущей продукции. Проверяемый размер снаряда измерен с точностью до 1мкм. В таблице 1 приведены отклонения x_i от номинального размера, разбитые на разряды, численности разрядов m_i (сколько штук деталей данного размера попало в разряд) и их частоты p_i^* – частости.

Таблица 1

Исходные данные задачи

№ разряда i $i=1 \dots \ell$	Границы интервала $x_i \dots x_{i+1}$	m_i	P_i^*
1	-20...-15	7	0.035
2	-15...-10	11	0.055
3	-10...-5	15	0,075
4	-5...0	24	0,120
5	0...5	49	0,245
6	5...10	41	0,205
7	10...15	26	0,130
8	15...20	17	0,085
9	20...25	7	0,035
10	25...30	3	0.015

Оценить с помощью критерия χ^2 – Пирсона гипотезу о согласии выборочного распределения с законом нормального распределения при уровне значимости $\alpha = 0,05$.

Алгоритм решения задачи представляет последовательность следующих действий:

1. Выполняем разбиение на разряды по правилу Штюргера: $\ell = 1 + 3,32 \lg(n)$.
2. Определяем частоты попадания в разряд по формуле: $p_i^* = m_i/n$.
3. Вычисляем границы разрядов исходя из размаха варьирования R : $R = x_{\max} - x_{\min}$, ширина разряда равна R/k .
4. Определяем по выборке статистические оценки математического ожидания и дисперсии:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{\ell} x_i^* m_i}{\ell} = \sum_{i=1}^{\ell} x_i^* p_i^* = 4,30 \text{ мкм}$$

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^{\ell} m_i (x_i - \bar{X})^2}{\ell - 1} = 94,20 \text{ мкм}^2$$

$$S = 9,71 \text{ мкм.}$$

5. Вычисляем теоретическую вероятность p_i попадания отклонений размера деталей в интервалы $(x_i; x_{i+1})$ по формуле:

$$p_i = \frac{1}{2} [\Theta(z_{i+1}) - \Theta(z_i)],$$

где $z_i = \frac{x_i - \bar{X}}{s}$, а $\Theta(z_i)$ - табличная величина.

Результаты вычислений сводим в таблицу 2.

Таблица 2

Результаты вычислений

i	x_i^*	z_i	$1/2 \theta(z_i)$	p_i	np_i	$\frac{(m_i - np_i)^2}{np_i}$
1	-17,5	$-\infty$	-0,5000	0,0239	4,78	1,04
2	-12,5	-1,99	-0,4761	0,0469	9,38	0,28
3	-7,5	-1,47	-0,4292	0,0977	19,54	1,05
4	-2,5	-0,96	-0,3315	0,1615	32,30	2,13
5	2,5	-0,44	-0,1700	0,1979	39,58	2,24
6	7,5	0,07	0,0279	0,1945	38,90	0,11
7	12,5	0,59	0,2224	0,1419	28,38	0,20
8	17,5	1,10	0,3643	0,0831	16,62	0,01
9	22,5	1,62	0,4474	0,0526	10,52	0,03
10	27,5	2,13	0,4834	-	200	$\chi^2_{\text{расч}} = 7,09$
11	-	∞	0,5000	-		

6. Находим значение $\chi^2_{\text{расч}}$ по формуле: $\chi^2_{\text{расч}} = \sum_{i=1}^{\ell} \frac{(m_i - np_i)^2}{np_i} = 7,09$.

7. Определяем число степеней свободы: $f = \ell - r - 1 = 9 - 2 - 1 = 6$ (9-й и 10-й разряды объединены).

8. Находим по входным величинам $f=6$ и $\alpha=0,05$ табличное значение $\chi_{кр}^2 = 12,6$.

9. Сравниваем значения $\chi_{расч}^2 = 7,09$ и $\chi_{кр}^2 = 12,6$. Так как $\chi_{расч}^2 < \chi_{кр}^2$, то гипотеза о нормальном законе распределения отклонений от номинального размера не противоречит наблюдениям.

Так образом, решение данной задачи базируется на знании физической сущности и расчетных зависимостей для вычисления оценок числовых характеристик случайных величин: математического ожидания, дисперсии, среднеквадратичного отклонения, а также порядка проверки правдоподобия гипотезы по критерию Пирсона.

3 уровень – овладение курсантом совокупностью методов и отдельных формульных зависимостей, необходимых для решения конкретной задачи [7, 8].

В качестве примера рассмотрим следующую задачу: на испытательном полигоне, в ходе создания макета таблиц стрельбы учитываются факторы воздействия окружающей среды на артиллерийский снаряд. В роли инженера-испытателя оценить характер и величину влияния на движение снаряда в атмосфере, который характеризуется выходным параметром Y , трех исследуемых входных факторов: температуры T °С, давления P Па, и времени протекания процесса t сек. Задачу исследования решить на основе вычислительного эксперимента с использованием полнофакторного планирования эксперимента и обработки его результатов методом регрессионного анализа.

Процесс решения задачи включает в себя следующие этапы:

1. Выполняем мероприятия неформализованного этапа предпланирования эксперимента. На основании изучения априорных данных определяем: центр плана, интервалы варьирования факторов, верхний и нижний уровни факторов, значения которых приведены в таблице 3.

Таблица 3

Уровни факторов	Факторы в натуральном масштабе		
	$T, ^\circ\text{C}$	$P, 10^5 \text{ Па}$	$t, \text{ сек}$
центр плана или нулевой уровень	150	4	15
интервал варьирования	50	2	5
верхний уровень	200	6	20
нижний уровень	100	2	10

2. Строим математическую модель процесса вида:

$$\bar{Y} = b_0x_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + b_{123}x_1x_2x_3$$

а) для ее построения осуществляем кодирование входных факторов, строим расширенную матрицу планирования полного факторного эксперимента и после рандомизации проводим восемь опытов, результаты которых приведены в таблице 4.

Результаты опытов

№ опыта	X ₀	X ₁	X ₂	X ₃	X ₁ X ₂	X ₁ X ₃	X ₂ X ₃	X ₁ X ₂ X ₃	y
1	+	-	-	-	+	+	+	-	2
2	+	+	-	-	-	-	+	+	6
3	+	-	+	-	-	+	-	+	4
4	+	+	+	-	+	-	-	-	8
5	+	-	-	+	+	-	-	+	10
6	+	+	-	+	-	+	-	-	18
7	+	-	+	+	-	-	+	-	8
8	+	+	+	+	+	+	+	+	12

б) определяем коэффициенты уравнения регрессии по формуле:

$$b_j = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_{ji} y_i$$

в) в результате вычислений получаем уравнение регрессии вида:

$$\bar{y} = 8,5x_0 + 2,5x_1 - 0,5x_2 + 3,5x_3 - 0,5x_1x_2 + 0,5x_1x_3 - 1,5x_2x_3 - 0,5x_1x_2x_3.$$

1. Проводим проверку значимости отличия коэффициентов уравнения приближенной регрессии от нуля. Рассчитываем t-критерий Стьюдента $t_i = \frac{|b_i|}{S_{b_i}}$, где

$$S_{b_i} = \frac{S_{\text{воспр.}}}{\sqrt{N}} \text{ — точность определения коэффициента регрессии.}$$

а) для получения дисперсии воспроизводимости эксперимента дополнительно поставим в центре плана три параллельных опыта. Пусть были получены следующие результаты: $y_1^0 = 8$; $y_2^0 = 9$; $y_3^0 = 8,8$.

б) определяем дисперсию воспроизводимости:

$$S_{\text{воспр.}}^2 = \frac{\sum_{n=1}^k (y_n^0 - \bar{y}^0)^2}{k-1} = \frac{(8-8,6)^2 + (9-8,6)^2 + (8,8-8,6)^2}{3-1} = 0,28.$$

$$S_{\text{воспр.}} = 0,53.$$

$$S_{b_i} = \frac{S_{\text{воспр.}}}{\sqrt{N}} = \frac{0,53}{\sqrt{8}} = 0,19.$$

в) в результате расчетов получаем:
 $t_1 = 13,2; t_2 = 2,6; t_3 = 18,4; t_{12} = 2,6; t_{13} = 2,6; t_{23} = 7,9; t_{123} = 2,6;$

г) находим табличное значение критерия Стьюдента, взятое для уровня значимости $p = 0,05$ и числа степеней свободы $f = k-1 = 3-1 = 2$ равно: $t_{\text{табл.}(f=2)} = 4,3$. Таким образом, коэффициенты $b_2, b_{12}, b_{13}, b_{123}$ незначимы и их из уравнения приближенной регрессии можно исключить, тогда получаем:

$$\bar{y} = 8,5 + 2,5x_1 + 3,5x_3 - 1,5x_2x_3$$

4. Проверяем адекватность уравнения регрессии по критерию Фишера: $F = \frac{S_{ост}^2}{S_{воспр}^2}$.

а) определяем остаточную дисперсию определяется по формуле: $S_{ост}^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y}_i)^2}{N - \ell}$,

где ℓ – число значимых коэффициентов в уравнении регрессии (их четыре)

В условиях примера получим

$$\bar{y}_1 = 8,5 - 2,5 - 3,5 - 1,5 = +1$$

$$\bar{y}_2 = 8,5 + 2,5 - 3,5 - 1,5 = 6$$

$$\bar{y}_3 = 8,5 - 2,5 - 3,5 + 1,5 = 4$$

$$\bar{y}_4 = 8,5 + 2,5 - 3,5 + 1,5 = 9$$

$$\bar{y}_5 = 8,5 - 2,5 + 3,5 + 1,5 = 11$$

$$\bar{y}_6 = 8,5 + 2,5 + 3,5 + 1,5 = 16$$

$$\bar{y}_7 = 8,5 - 2,5 + 3,5 - 1,5 = 8$$

$$\bar{y}_8 = 8,5 + 2,5 + 3,5 - 1,5 = 13$$

$$S_{ост}^2 = \frac{(2-1)^2 + (6-6)^2 + (4-4)^2 + (8-9)^2 + (10-11)^2 + (18-16)^2 + (8-8)^2 + (12-13)^2}{8-4} = \frac{8}{4} = 2;$$

б) рассчитываем $F_{расч}$: $F_{расч} = \frac{2}{0,28} = 7,14$

в) находим табличное значение критерия Фишера для уровня значимости $p=0,05$ и чисел степеней свободы $f_1 = N - \ell = 8 - 4 = 4$; $f_2 = k - 1 = 3 - 1 = 2$. $F_{табл}(4;2) = 19,3$.

Так как $F_{расч} < F_{табл}$, то полученное уравнение адекватно описывает процесс.

5. Проводим анализ уравнения приближенной регрессии и его интерпретацию.

Для этого проводим анализ модулей и знаков коэффициентов уравнения регрессии. Это даст возможность найти направление изменения исследуемых входных факторов. Затем переходим от кодированных факторов к факторам в натуральном масштабе

$$\begin{aligned} \bar{y} &= 8,5 + 2,5 \frac{z_1 - z_1^0}{\Delta z_1} + 3,5 \frac{z_3 - z_3^0}{\Delta z_3} - 1,5 \frac{z_2 - z_2^0}{\Delta z_2} \cdot \frac{z_3 - z_3^0}{\Delta z_3} = \\ &= 8,5 + 2,5 \frac{z_1 - 150}{50} + 3,5 \frac{z_3 - 15}{5} - 1,5 \frac{z_2 - 4 \cdot 10^5}{2 \cdot 10^5} \cdot \frac{z_3 - 15}{5}; \end{aligned}$$

Полученное уравнение позволит определить (предсказать) выход продукта Y при различных значениях температуры, давления и времени протекания процесса.

Как видно из примера, решение задачи основано на выполнении взаимосвязанной последовательности действий, основанных на знании теории планирования эксперимента и использовании различных методов регрессионного анализа и математической статистики.

Таким образом, мы рассмотрели задачи, определяющие различные уровни сформированности компетенций. Результат представлен в таблице 5.

Таблица 5

№ задачи	Уровни сформированности компетенций		
	Первый уровень	Второй уровень	Третий уровень
1 задача	+	+	+
2 задача	-	+	+
3 задача	-	-	+

Разработанный теоретический аппарат может быть использован не только на занятиях по высшей математике, но и при изучении других дисциплин.

Список литературы

1. Бочкарева О.В. Математические задачи как средство формирования профессиональных качеств личности / О.В. Бочкарева, Т.Ю. Новичкова, О.В. Снежкина, Р.А. Ладин // Современные проблемы науки и образования.– 2014. - №2; URL : www.science-education.ru/116-12584.
2. Бочкарева О.В. О роли профессионально ориентированных задач в обучении математике/ О.В. Бочкарева, О.В. Снежкина, М.А. Сироткина // Молодой ученый. – 2014. - № 3 (62). – С. 877-879.
3. Бочкарева О.В. Формирование профессиональных умений на занятиях по математике / О.В. Бочкарева, О.В. Снежкина, М.А. Сироткина // Молодой ученый. – 2014. - № 2 (61). – С. 735-738.
4. Ладин Р.А. Математика в учебном процессе строительного вуза / Р.А. Ладин, О.В. Снежкина, Г.А. Левова // Вестник магистратуры. – 2013. - № 12-4 (27). – С. 56-59.
5. Ладин Р.А. Математика и междисциплинарные связи / Р.А. Ладин, О.В.Снежкина, О.В. Бочкарева, Н.В.Титова // Молодой ученый. – 2014. - № 1. – С. 550-552.
6. Сироткина М.А. К вопросу о профессиональной направленности обучения математике / М.А. Сироткина, О.В. Бочкарева, О.В. Снежкина // Вестник магистратуры. – 2014. - № 2 (29). – С. 59-61.
7. Сироткина М.А. О формировании общепрофессиональных компетенций на занятиях по математике / М.А. Сироткина, О.В. Бочкарева, О.В. Снежкина // Вестник магистратуры. – 2014. - № 3-1 (30). – С. 71-73.
8. ФГОС – 3 по специальности «Стрелково-пушечное, артиллерийское и ракетное оружие»

Рецензенты:

Усманов В.В., д.п.н., профессор, первый проректор, проректор по научной работе, ФГБОУ ВПО "Пензенский государственный университет архитектуры и строительства", г. Пенза;

Гарькина И.А., д.т.н., профессор, зам. зав кафедрой " Математика и математическое моделирование", ФГБОУ ВПО "Пензенский государственный университет архитектуры и строительства", г. Пенза.