

Мамадалиева Л.Н., Хаконова И.М.
ОБУЧЕНИЕ БАКАЛАВРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ НАПРАВЛЕНИЙ
ПРИМЕНЕНИЮ МЕТОДОВ СТАТИСТИКИ
В РУСЛЕ КОМПЕТЕНТНОСТНОГО ПОДХОДА

Мамадалиева Людмила Николаевна, кандидат педагогических наук, доцент кафедры высшей математики и системного анализа инженерно-экономического факультета

ФГБОУ ВО «Майкопский государственный технологический университет», Майкоп, Россия
тел.: 8(952) 983 83 32

Хаконова Ирина Магометовна, кандидат педагогических наук, доцент кафедры высшей математики и системного анализа инженерно-экономического факультета

ФГБОУ ВО «Майкопский государственный технологический университет», Майкоп, Россия

E-mail: irina_hakonova@mail.ru

тел.: 8(918) 222 28 77

В статье предлагается использование компетентностной модели обучения, обеспечение практико-ориентированного характера математических заданий посредством межпредметной интеграции. Актуальность использования этой модели обусловлена тем, что развитие современной науки и производства вызывает потребность в поиске новых современных методов, средств и форм обучения, которые выражают интересы личности, адекватны тенденциям интенсивного развития общества. Проблема исследования: каковы научные основы содержания, методов и средств обучения математике, ориентированные на овладение обучающимися функциональной грамотностью. Решение данной проблемы составляет цель исследования. Методы исследования: изучение существующей методической литературы по данному вопросу, Государственных образовательных стандартов высшего образования, рабочих программ по математике, общепрофессиональным и специальным дисциплинам, учебных пособий и учебников, диссертаций и авторефератов по данной проблеме, изучение работ по педагогике и методике преподавания математики. Результатом теоретического исследования является предлагаемый подход к обучению применению математики для исследования процессов бурения нефтяных и газовых скважин при помощи дисперсионного анализа. В результате применения компетентностного подхода к обучению моделированию производственных ситуаций статистическими методами у бакалавров нефтегазового дела формируются необходимые профессиональные компетенции.

Ключевые слова: компетентностный подход, деятельностный подход, информационно-категориальный подход, функциональная грамотность, дисперсионный анализ, математическое моделирование, межпредметная интеграция, нефтегазовое дело, критерий исследования, статистические методы.

Для цитирования: Мамадалиева Л.Н., Хаконова И.М. Обучение бакалавров технологических направлений применению методов статистики в русле компетентностного

подхода // Вестник Майкопского государственного технологического университета. 2019. Вып. 2(41) С. 76-85. DOI: 10.24411/2078-1024-2019-12008.

Mamadaliyeva L.N., Khakonova I.M.

**TEACHING APPLICATION OF STATISTICS METHODS
TO BACHELORS OF TECHNOLOGICAL FIELDS IN CASE
OF A COMPETENCE APPROACH**

Mamadaliyeva Lyudmila Nikolaevna, Candidate of Pedagogics, an associate professor of the Department of Higher Mathematics and Systems Analysis of the Faculty of Engineering and Economics

FSBEI HE “Maikop State Technological University”, Maikop, Russia
tel.: 8(952) 983 83 32

Khakonova Irina Magometovna, Candidate of Pedagogics, an associate professor of the Department of Higher Mathematics and Systems Analysis of the Faculty of Engineering and Economics

FSBEI HE “Maikop State Technological University”, Maikop, Russia
E-mail: irina_hakonova@mail.ru
tel.: 8(918) 222 28 77

The article proposes the use of a competence-based learning model, ensuring a practice-oriented nature of mathematical tasks through interdisciplinary integration. The novelty of using this model consists in the fact that the development of modern science and production necessitates the search for new modern methods, means and forms of education that express the interests of a person, adequate to the trends of intensive development of society. The problem of the research: what are the scientific foundations of the content, methods and means of teaching mathematics, focused on mastery of functional literacy in students?

The solution to this problem is the purpose of the research. The research methods: investigation of existing methodological literature on the issue, State educational standards of higher education, work programs in Mathematics, general professional and special disciplines, textbooks, dissertations and abstracts on the issue, the study of works on Pedagogy and methods of teaching Mathematics. The proposed approach to applying Mathematics to study the processes of drilling oil and gas wells using dispersive analysis is the result of the theoretical study. As a result of applying the competence-based approach to teaching modeling of production situations using statistical methods, the bachelors of oil and gas engineering form necessary professional competencies.

Key words: *competence approach, activity approach, information-categorical approach, functional literacy, variance analysis, mathematical modeling, interdisciplinary integration, oil and gas engineering, research criteria, statistical methods.*

For citation: Mamadaliyeva L.N., Khakonova I.M. Teaching application of statistics methods to bachelors of technological fields in case of a competence approach // Bulletin of Maikop State Technological University. 2019. Iss. 2 (41). P. 76-85. DOI: 10.24411 / 2078-1024-2019-12008.

Развитие современной науки и производства вызывает потребность в поиске новых современных методов, средств и форм обучения, которые выражают интересы личности,

адекватные тенденциям интенсивного развития общества. Поэтому создаются образовательные модели, в которых делается акцент на освоение обучающимися функциональной грамотности. И изменяются структура и содержание образования, способствующие формированию у обучающихся компетенций. Компетентностное обучение ориентируется на формирование у обучающихся способности действовать при решении различных жизненных задач.

Исследования качества математической подготовки обучающихся показали неэффективность «знаниевой» модели обучения и привели к построению подходов, приводящих к формированию функциональной грамотности обучающихся. Формирование математической грамотности обучающихся возможно в русле компетентностного подхода. Математическая грамотность определяется как владение человеком конкретными математическими знаниями и умение применять их в жизни. Математическая грамотность предполагает приобретение навыков математического моделирования. Это подразумевает обучение умению моделировать практические задачи с помощью математики. Математическое моделирование состоит из следующих этапов:

- перевод задачи на математический язык (составление таблиц, уравнений, неравенств, графическое изображение);
- решать эти задачи математическими методами;
- анализировать актуальность выбранных методов решения;
- интерпретировать полученные данные;
- формулировать результаты решения задач.

Значит, владение математической грамотностью позволяет использование знаний математики при решении задач практической направленности.

Формирование приемов математической деятельности предусматривает синхронизацию структуры и содержания соответствующего уровня образования, принципов отбора и конструирования учебной информации, разработку способов и форм ее освоения, создание контрольно-оценочных заданий.

Использование информационно-категориального подхода (Г.Л. Луканкин, Т.Ф. Сергеева), способствует интеграции математических дисциплин с профессиональными. Для этого определяются межпредметные понятия – категории – фундаментальные понятия, которые выступают в качестве «языка» математики и могут использоваться в других областях, использующих методы математики.

Применение деятельностного подхода при изучении математики подразумевает формирование у обучающихся навыков использования приемов математической деятельности.

Использование компетентностной модели предусматривает отбор содержания учебных дисциплин. Необходимо, чтобы содержание математических дисциплин

- а) отвечало требованиям, предъявляемым к квалификации бакалавров-технологов;*
- б) учитывало бы массовый характер высшего образования;*
- в) помогало обучающимся рационально и творчески думать;*
- г) определяло возможность применять знания и умения, полученные при обучении математики, в работе над курсовыми и дипломными проектами;*
- д) способствовало повышению качества обучения;*
- е) учитывало возможность использования новых способов и средств обучения.*

Э.Ф. Зеер под профессиональной компетенцией понимает совокупность профессиональных знаний, умений, а также способы выполнения профессиональной деятельности [3]. Поэтому в результате применения компетентностного подхода к обучению моделированию производственных ситуаций статистическими методами бакалавры нефтегазового дела должны обладать следующими компетенциями:

- способностью использовать статистические законы в профессиональной деятельности;
- способностью применять современные методы исследования в нефтегазовом деле; готовностью выполнить расчеты и проектирование в соответствии с техническим заданием;
- владение современными методами обработки, анализа и интерпретации информации при проведении исследований в своей профессиональной области;
- способность обосновать выбор методов экспериментальной работы, интерпретировать и представить результаты исследований производственных процессов.

Межпредметная интеграция позволяет соединять математическую теорию и профессиональные дисциплины. Она осуществляется за счет решения практических задач из профессиональной области с применением методов математического моделирования. Ведь «формирование познавательной мотивации у бакалавров-технологов предполагает использование специальной методики, направленной на обучение будущей профессиональной деятельности» [7]. Межпредметную интеграцию проиллюстрируем на примере применения математических расчетов при исследовании процессов бурения нефтяных и газовых скважин.

Для проведения однофакторного дисперсионного анализа выбирались скважины, залитые цементным раствором одного состава. Для вычисления оценки качества сцепления цементного камня со стенками скважин использовались данные ГТН по разрезам и данные АКЦ по качеству сцепления, причём отсутствие сцепления принималось за ноль, а хорошее сцепление – за единицу. Принятые промежуточные количественные градации приведены в таблице 1 [1].

Таблица 1 - Результаты нормирования характеристики сцепления цементного камня с обсадной колонной

Качественная оценка	Количественная оценка
"Отсутствие"	0
"Плохое"	0,33
"Плохое-частичное"	0,495
"Частичное"	0,66
"Частичное-хорошее"	0,83
"Хорошее"	1

Расчёт средней оценки y_j для j -того разреза обучающиеся осуществляют по формуле

$$y_j = u_1 \frac{(l_{i+1} - h_j)}{(h_{j+1} - h_j)} + \sum_{i=1}^{k-2} u_{i+1} \frac{(l_{i+2} - l_{i+1})}{(h_{j+1} - h_j)} + u_k \frac{(h_{j+1} - l_k)}{(h_{j+1} - h_j)},$$

где h_j – глубина залегания кровли (подшвы) пласта; $(h_{j+1}-h_j)$ – мощность j -того разреза; $(l_{i+1}-l_i)$

– величина i -того интервала выделенного по данным АКЦ с оценкой качества сцепления согласно таблице 1; l_i – верхняя граница i -того интервала, причём $l_i \leq h$; l_{i+1} – нижняя граница i -того интервала, причём в пределах j -того разреза находится нижняя граница i -того интервала; k – последний интервал в пределах j -того разреза, причём верхняя граница k -того интервала находится в пределах j -того разреза, $l_k \leq h_{j+1}$; u_1 – количественная оценка качества сцепления на i -том интервале согласно таблице 1; глубины h и l в м. Для примера бакалаврам предлагают рассмотреть результаты исследования скважин №№35, 38, 40, 41, 55, 60 Зайкинского месторождения [2].

Расчеты бакалавры выполняют в следующем порядке.

1. Суммируем результаты наблюдений по столбцам, записываем в строку A_j :

$$A_1 = \sum_{i=1}^3 y_{1,i} = 1,989; \quad A_2 = \sum_{i=1}^8 y_{1,i} = 4,466; \quad A_3 = \sum_{i=1}^3 y_{1,i} = 1,389;$$

$$A_4 = \sum_{i=1}^5 y_{1,i} = 2,698; \quad A_5 = \sum_{i=1}^6 y_{1,i} = 4,162; \quad A_6 = \sum_{i=1}^3 y_{1,i} = 1,121;$$

$$S_0 = \sum_{j=1}^6 A_j = 15,825.$$

2. Возводим результаты наблюдений в квадрат, суммируем по столбцам, записываем в строку $S_{1,j}$:

$$S_{1,1} = \sum_{i=1}^3 y_{1,i}^2 = 1,332; \quad S_{1,2} = \sum_{i=1}^8 y_{1,i}^2 = 2,619; \quad S_{1,3} = \sum_{i=1}^3 y_{1,i}^2 = 0,6786;$$

$$S_{1,4} = \sum_{i=1}^5 y_{1,i}^2 = 1,487; \quad S_{1,5} = \sum_{i=1}^6 y_{1,i}^2 = 2,899; \quad S_{1,6} = \sum_{i=1}^3 y_{1,i}^2 = 0,4342;$$

$$S_1 = \sum_{j=1}^6 S_{1,j} = 9,4496.$$

3. Суммируем квадраты сумм и делим на соответствующее число наблюдений:

$$S_2 = \sum_{j=1}^k \frac{1}{n_j} \cdot \left(\sum_{i=1}^{n_j} y_{i,j} \right)^2 = \sum_{j=1}^6 \frac{A_j^2}{n_j} = 9,2167$$

4. Возводим в квадрат общую сумму и делим на общее число наблюдений:

$$S_3 = \frac{1}{n_o} \cdot \left(\sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^{n_j} y_{i,j} \right)^2 = \frac{15,825^2}{28} = 8,944$$

5. Находим суммы квадратов отклонений для факторной (межуровневой) дисперсии:

$$S_\phi = 9,217 - 8,944 = 0,2728.$$

Число степеней свободы для факторной дисперсии $\nu = k - 1 = 5$.

6. Вычисляем сумму квадратов отклонений для дисперсии ошибки (внутриуровневой дисперсии):

$$S_{\text{ош}} = S_1 - S_2 = 9,45 - 9,217 = 0,233.$$

Число степеней свободы для дисперсии ошибки $\nu = n_o - k = 28 - 6 = 22$.

7. Суммируем квадраты отклонений для общей дисперсии:

$$S_o = S_1 - S_3 = 9,45 - 8,944 = 0,506.$$

Число степеней свободы для общей дисперсии $\nu = n_o - 1 = 28 - 1 = 27$.

После проведенных вышеописанных расчетов обучающимся предлагается

выполнить проверку, которая заключается в вычислении S_o :

$$S_o = S_\phi + S_{\text{ош}} = 0,2728 + 0,233 = 0,506.$$

Результаты вышеописанных вычислений – в таблице 2.

Таблица 2 - Результаты расчёта оценок качества сцепления цементного камня с обсадной колонной

Номер наблюдения	Уровни фактора						Общая сумма
	литология разрезов						
	песчаники	глины	пески, глины	глины, известняки	глины, пески, песчаники	глины, пески, мергели	
1	0,737	0,478	0,478	0,465	0,728	0,314	28
2	0,578	0,728	0,323	0,641	0,646	0,474	
3	0,674	0,631	0,588	0,433	0,740	0,333	
4		0,323		0,601	0,626		
5		0,433		0,558	0,733		
6		0,595			0,689		
7		0,628					
8		0,650					
A_j	1,989	4,466	1,389	2,698	4,162	1,121	15,83
$S_{i,j}$	1,332	2,619	0,679	1,487	2,899	0,434	9,450
A_j^2	1,319	2,493	0,643	1,456	2,887	0,419	9,217
$U_{j\text{-ср}}$	0,663	0,558	0,463	0,540	0,694	0,374	0,565

8. Вычисляем факторную (межуровневую) дисперсию:

$$S_{\Phi}^2 = \frac{1}{k-1} \cdot (S_2 - S_3) = \frac{0,2728}{5} = 0,05456$$

9. Находим внутриуровневую дисперсию (дисперсии ошибки):

$$S_{\text{ош}}^2 = \frac{1}{n_o - k} \cdot (S_1 - S_2) = \frac{0,233}{22} = 0,0106$$

10. Полная (общая) дисперсия вычисляется по формуле:

$$S_o^2 = \frac{1}{n_o - 1} \cdot (S_1 - S_3) = \frac{0,506}{5} = 0,0187$$

Полученные результаты – в таблице 3.

Таблица 3 - Результаты расчета

Составляющие дисперсий	Число степеней свободы	Сумма квадратов отклонений	Дисперсия
Факторная (межуровневая)	5	0,273	0,0546
Дисперсия ошибки (внутриуровневая)	22	0,233	0,0106
Полная (общая)	27	0,506	0,0187

Факторная дисперсия $S_{\Phi}^2 = 0,0546$ помогает оценить влияние учтенных и неучтенных факторов модели, а также случайных воздействий на каждом уровне. В данном случае

обучающиеся должны сделать вывод, что факторная дисперсия характеризует специфическое взаимодействие цементного раствора и пластов различной проницаемости и пористости. Дисперсия ошибки $S_{\text{ош}}^2 = 0,0106$ характеризует совокупное влияние на сцепление цементного камня с породой флуктуаций пористости и проницаемости, остатков фильтрационной корки, включений частиц бурового раствора в цементный вследствие неполного вытеснения бурового раствора цементным. Полная дисперсия $S_o^2 = 0,0187$ характеризует совместное влияние всех факторов на характеристику сцепления цементного камня с породой [4].

Следует обратить внимание обучающихся на тот факт, что величины дисперсий сами по себе значительного интереса не представляют. Ценность представляет результат сравнения тех или иных дисперсий друг с другом или с независимыми параметрами. Наше исследование направлено на выяснение однородности дисперсий - факторной и внутриуровневой. Если установлена однородность межуровневой и внутриуровневой дисперсий, то это значит, что различие в качестве сцепления цементного камня с породой незначимое или, другими словами, незначимое влияние литологии разреза на качество цементирования. Неоднородность межуровневой и внутриуровневой дисперсий будет означать значимое влияние литологии разреза на качество цементирования. Проверку на однородности дисперсий обучающиеся осуществляют с помощью опытного (расчетного) критерия Фишера:

$$F_{\nu_1, \nu_2}^{\text{оп}} = \frac{S_{\text{ф}}^2}{S_{\text{ош}}^2};$$

опытный критерий Фишера они сравнивают с табличным значением. Если расчетное значение критерия Фишера меньше табличного, то обучающиеся должны сделать вывод, что дисперсии факторная и внутриуровневая однородны. Вывод: влияние литологии разреза на качество цементирования незначимо. Следует акцентировать внимание обучающихся на том, что формулировка "выборки из одной и той же совокупности" в данном случае означает, что влияние литологии разреза на качество цементирования незначимо отличается от совокупного влияния множества всех факторов, влияющих на качество сцепления. Если расчетный критерий Фишера больше табличного, значит, дисперсии факторная и внутриуровневая неоднородны или, другими словами, эти дисперсии характеризуют выборки из разных совокупностей. По существу, это значит, что на величину сцепления цементного камня с породой литология разреза оказывает влияние более высокого порядка, чем все другие факторы [5].

В наших расчетах при уровне значимости $\alpha = 0,05$ и числе степеней свободы $\nu_1 = 5$ и $\nu_2 = 22$ табличное значение критерия Фишера равно 2,66.

$$F_{5,22}^{\text{оп}} = \frac{0,0546}{0,0106} = 5,16 > F_{5,22}^{0,05} = 2,66,$$

и, следовательно, дисперсии факторная и внутриуровневая неоднородны или, другими словами, эти дисперсии характеризуют выборки из разных совокупностей.

Таким образом, по результатам проведенного исследования обучающиеся делают вывод, что влияние литологии разреза на качество цементирования значимо.

Некоторая нечёткость формулировок "значимое (незначимое) влияние литологии разреза на качество цементирования" или "на величину сцепления цементного камня с породой литология разреза оказывает влияние более высокого порядка, чем все другие факторы, в той или иной степени влияющих на качество сцепления" является следствием того, что все результаты наблюдений получены с большей или меньшей ошибкой. Для

полноты картины всеобщности и неизбежности ошибок измерения приведём для обучающихся их краткий список: ошибки при идентификации литологии разрезов и их мощностей, ошибки при фиксации глубины спуска геофизического прибора и погрешность самого прибора, некоторая субъективность при анализе кривых АКЦ и др. Ошибки могут исказить разложение общей дисперсии на две составляющие и привести к неверным выводам [6].

Для уменьшения вышеупомянутых нечёткостей формулировок, проверка гипотезы осуществляется с заранее принимаемым уровнем значимости α . Для проверки гипотез относительно технологических процессов обычно принимается уровень значимости $\alpha = 0,05$. То есть, в пяти процентах случаев выдвинутая гипотеза считается ложной. В нашем случае окончательный вывод обучающиеся могут сформулировать следующим образом: литология геологического разреза оказывает влияние на качество сцепления цементного камня со стенками скважины с вероятностью 0,95. Это означает, что на данном месторождении целесообразно использовать многопорционное цементирование.

Итак, в результате применения компетентностного подхода к обучению моделированию производственных ситуаций статистическими методами бакалавры нефтегазового дела смогут овладеть способностью применять систему фундаментальных математических знаний для формулирования и решения технических и технологических проблем в области нефтегазовых технологий.

Литература:

1. Ахназарова С.Л., Кафаров В.В. Методы оптимизации эксперимента в химической технологии: учебное пособие для химико-технологических специальностей вузов. 2-е изд., перераб. и доп. Москва: Высш. шк., 1985. 327 с.
2. Ганджумян Р.А. Математическая статистика в разведочном бурении: справочное пособие. Москва: Недра, 1990. 218 с.
3. Зеер Э.Ф. Психология профессий: учебное пособие. Москва: Академический проект, 2003. 330 с.
4. Дэвис Дж.С. Статистический анализ данных в геологии: в 2-х книгах / пер. с англ. В.А. Голубевой; под ред. Д.А. Родионова. Москва: Недра, 1990. 427 с.
5. Хьютсон А. Дисперсионный анализ. Москва: Статистика, 1971.
6. Шеффе Г. Дисперсионный анализ / пер. с англ. Москва: Физматгиз, 1963. 626 с.
7. Селютин В.Д., Мамадалиева Л.Н. Создание мотивации к изучению специальных разделов математики бакалаврами технологических направлений вузов // Ученые записки Орловского государственного университета. Серия: Гуманитарные и социальные науки. 2018. №3(80). С. 357-358.
8. Stephen M. Ross. Peirce's criterion for the elimination of suspect experimental data [Электронный ресурс] // Journal of Engineering Technology, Fall 2003. URL:<https://classes.engineering.wustl.edu/2009/fall/che473/handouts/OutlierRejection.pdf>.

Literature:

1. Akhnazarova S.L., Kafarov V.V. Methods of experiment optimization in chemical technology: a textbook for chemical-technological specialties of universities. 2nd ed., rev. and add. Moscow: Vyssh. shkola, 1985. 327 p.
2. Ganjummyan R.A. Mathematical statistics in exploration drilling: a reference guide. Moscow: Nedra, 1990. 218 p.

3. Zeer E.F. Psychology of professions: a textbook. Moscow: Academic Project, 2003. 330 p.
4. Davis J.S. Statistical analysis of data in Geology: in 2 books / transl. from English by V.A. Golubeva; ed. by D.A. Rodionov. Moscow: Nedra, 1990. 427 p.
5. Hutson A. Dispersion analysis. Moscow: Statistics, 1971.
6. Sheffe G. Dispersion analysis / transl. from English. Moscow: Fizmatgiz, 1963. 626 p.
7. Selyutin V.D., Mamadalieva L.N. Creating motivation for the study of special sections of Mathematics by bachelors of technological areas of universities // Scientific notes of Orel State University. Series: Humanities and Social Sciences. 2018. No. 3 (80). P. 357-358.
8. Stephen M. Ross. Electronic data] // Journal of Engineering Technology, Fall 2003. URL: <https://classes.engineering.wustl.edu/2009/fall/che473/handouts/OutlierRejection.pdf>.