

УДК 378.147

ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ НАПРАВЛЕННОСТЬ СИСТЕМЫ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ СТУДЕНТОВ ТЕХНИЧЕСКИХ НАПРАВЛЕНИЙ

А. В. Швалёва

Новотроицкий филиал Национального исследовательского технологического университета «МИСиС» (Московского института стали и сплавов)

Поступила в редакцию 11 июля 2013 г.

Аннотация: в статье обоснована необходимость профессиональной направленности системы математической подготовки студентов технических направлений. Ключевая роль в этом отводится учебно-профессиональным задачам. На примере раздела «Математическая статистика» курса «Теория вероятностей и математическая статистика» раскрыто содержание учебно-профессиональных задач различных типов.

Ключевые слова: профессиональная направленность математической подготовки, учебно-профессиональная задача.

Abstract: in the article the need for professionally-oriented system of mathematical training of technical students is justified. The key role is given to educational and professional tasks. By the example of Section «Mathematical statistics», Course «The theory of probability and mathematical statistics», the content of educational and professional tasks of various types is covered.

Key words: professional orientation of mathematical training, educational and professional task.

Зачастую вследствие формальности изложения математических курсов студенты, имея даже хороший запас знаний, не всегда могут их использовать при изучении общепрофессиональных и специальных дисциплин. Более того, они вообще не осознают роли математических и естественно-научных знаний в своем профессиональном становлении (только 17 % опрошенных студентов I–II курсов отмечают, что математическая подготовка необходима в будущей профессиональной деятельности, но скорее как элемент общей образованности). Это и объясняет низкую мотивацию изучения дисциплин математического цикла и, как следствие, низкую успеваемость студентов по данным дисциплинам.

Качество математической подготовки значительно повысится, на наш взгляд, если сделать содержание математических дисциплин профессионально насыщенным.

Основным средством профессионально насыщенного содержания математических дисциплин является комплекс учебно-профессиональных задач. Учебно-профессиональная задача – ситуация, требующая от студентов мыслительных и практических действий, направленных на овла-

дение профессиональными знаниями и умениями применять их на практике, а также на развитие их технологического мышления [1]. А. В. Усова, Н. Н. Тулькибаева в структуре любой задачи выделяют задачу (условия и требования) и решающую (методы, способы и средства решения) системы [2]. Эти структурные компоненты присущи и учебно-профессиональной задаче. Решение учебно-профессиональных задач предполагается на различных этапах математической подготовки и в различных дисциплинах. Рассмотрим некоторые из них, механизм составления, методику решения этих задач, а также их классификацию (на примере учебно-профессиональных задач по курсу «Теория вероятностей и математическая статистика» раздела «Математическая статистика»).

Новотроицкий филиал НИТУ «МИСиС» готовит студентов технических направлений («Металлургия»), в связи с этим организовано тесное сотрудничество с металлургическим предприятием ОАО «Уральская сталь». В настоящее время одним из направлений работы ОАО «Уральская сталь» является производство листового широкополосного проката, предназначенного для строительных стальных конструкций со сварными и другими соединениями (С345) по ГОСТу 27772 [3]. Значительные объемы производства этого

металлопроката, стабилизация технологического процесса производства позволили сформировать представительную выборочную совокупность и разработать математические модели расчета уровня механических свойств в зависимости от химического состава и размера. Статистический контроль применяется для оценки таких механических свойств стали, как предел текучести, временное сопротивление, относительное удлинение, ударная вязкость и др. Выборочная совокупность химического состава и результатов механических испытаний для характеристик растяжения и ударных свойств листовой стали марки С345 была составлена из 64 партий-плавов, выплавленных с сентября 2012 г. по февраль 2013 г. Объем выборки составил $n = 366$.

Рассмотрим этапы решения учебно-профессиональной задачи «*Определите математическую модель зависимости ударной вязкости стали марки С345 от размера листа*».

Первый этап. Студентам была предложена работа по изучению химического состава стали (какие химические элементы входят в химический состав, как регламентируется содержание того или иного химического элемента в стали данной марки ГОСТом), возможных размеров листа, а также механических свойств стали.

На *втором этапе* студенты осуществили (по готовой выборке) расчет статистических параметров механических свойств, химического состава и размера с использованием возможностей программы Excel (как пример, однако, можно предложить использовать и другое программное обеспечение, например, Mathcad, Statgraph, Stadia и др.) [4]. Полученные статистические параметры перечисленных механических свойств, химического состава и размера листа рекомендуется свести в таблицу (табл. 1).

На *третьем этапе* для установления формы связи ударной вязкости от размера листа (линейная, квадратичная, гиперболическая, ...) студенты выполнили построение диаграммы рассеяния (рисунки). Характер расположения точек даст представление о форме связи.

На *четвертом этапе* студентам было предложено аппроксимировать диаграмму рассеяния математическим уравнением. Нахождение уравнения линейной регрессии $y = kx + b$ связано с отысканием параметров k и b с использованием метода наименьших квадратов (исходя из условия минимизации суммы квадратов отклонений результатов фактических значений y_i признака от значений y_j , найденных по уравнению регрессии

Т а б л и ц а 1

Статистические параметры механических свойств, химического состава и размера листовой стали С345

Наименование	Минимальное значение	Максимальное значение	Среднее значение	Среднее квадратическое отклонение	Коэффициент вариации
Углерод, %	0,11	0,150	0,119	0,0058	0,0487
Кремний, %	0,620	0,720	0,671	0,0234	0,0349
Марганец, %	1,410	1,610	1,450	0,0220	0,0152
Фосфор, %	0,006	0,015	0,010	0,0019	0,19
Сера, %	0,002	0,006	0,003	0,0011	0,3667
Хром, %	0,040	0,110	0,063	0,0168	0,2667
Никель, %	0,030	0,110	0,059	0,0179	0,3034
Медь, %	0,050	0,130	0,092	0,0222	0,2413
Титан, %	0,004	0,014	0,0044	0,002	0,4545
Алюминий, %	0,020	0,037	0,030	0,0031	0,1033
Азот, %	0,005	0,011	0,008	0,0016	0,2000
Ниобий, %	0,010	0,010	0,010	0,000	0,0000
Размер, мм	16,000	50,000	27,358	8,5027	0,3108
Предел текучести, Н/мм ²	340	450	393, 593	21,771	0,0553
Временное сопротивление, Н/мм ²	470	590	538,115	17,931	0,0333
Относительное удлинение, %	22	38	30,675	2,303	0,0751
Ударная вязкость, %	27,000	335,000	152,068	49,3031	0,3242

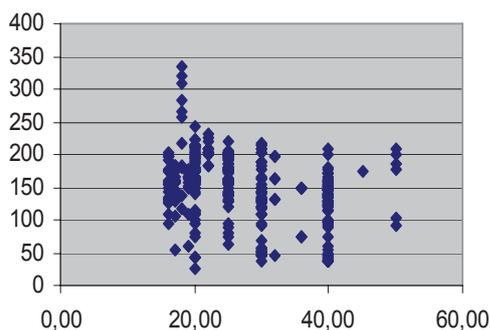


Рисунок. Диаграмма рассеяния: ось Ox – размер (мм); ось Oy – ударная вязкость (%)

$$(kx_i + b): S = \sum_{i=1}^n (y_i - y_i)^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - (kx_i + b))^2 \rightarrow \min).$$

Дифференцируя по переменным k и b , получим систему:

$$\begin{cases} k \sum_{i=1}^n x_i + nb = \sum_{i=1}^n y_i \\ k \sum_{i=1}^n x_i^2 + b \sum_{i=1}^n x_i = \sum_{i=1}^n x_i y_i \end{cases}$$

По выборочной совокупности определяем значения $\sum_{i=1}^n x_i = 10\ 013$; $\sum_{i=1}^n x_i^2 = 300\ 323$;

$\sum_{i=1}^n y_i = 55\ 657$; $\sum_{i=1}^n x_i y_i = 1\ 472\ 237$. В результате

получаем систему:
$$\begin{cases} 10\ 013k + 367b = 55\ 657 \\ 300\ 323k + 10\ 013b = 1\ 472\ 237 \end{cases}$$

решив которую, можно построить линейную регрессионную модель зависимости ударной вязкости от размера листа:

$$y = -2,5924x + 198,1818.$$

На пятом этапе студенты анализировали полученные результаты: зависимость обратная, т.е. при увеличении толщины листа ударная вязкость уменьшается. Число $k = -2,5924$ служит оценкой силы связи; роль измерителя тесноты связи играет коэффициент корреляции $r = -0,33$. Для оценки значимости рассчитанного коэффициента корреляции его сравнивают с критическим значением,

определяемым равенством: $r_{кр} = \frac{t}{\sqrt{n-2+t^2}}$, где

t – доверительная величина, равная 1,96. Для нашей выборочной совокупности $r_{кр} = -0,102$. Имеем $|r| > r_{кр}$, что свидетельствует о том, что расчетный коэффициент корреляции значим.

Автор ведет разработку и апробацию комплекса математических учебно-профессиональных задач для студентов технических направлений. Приведем классификацию учебно-профессиональных задач различных типов по разделу «Математическая статистика» (табл. 2).

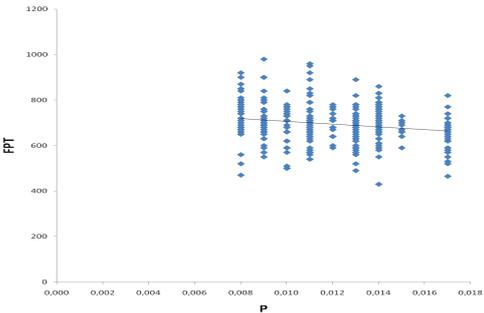
В исследовании автор придерживался подхода к разбиению задач на различные типы, осуществленный А. В. Усовой и Н. Н. Тулькибаевой, в котором основаниями для классификации задач служат характеристики структурных компонентов учебно-профессиональной задачи: задачной и решающей систем. Со стороны задачной системы такими характеристиками являются: содержание условия задачи, способ его выражения; со стороны решающей системы – дидактическая роль задач в учебном процессе, средства решения.

В зависимости от способа классификации одна и та же задача может быть отнесена к различным типам. Рассмотрим задачу по определению зависимости ударной вязкости от размера листа (предложенную выше). Если рассматривать классификацию по содержанию условия, то данная задача относится к исследовательским. Однако если студентов попросить определить только статистические параметры механических свойств и химического состава, то задача будет относиться к расчетным задачам. По способу формулировки задачи ее можно отнести к конкретным, по методам решения – к поисковой. Но если дать студентам задание построить линейную и квадратичную модели зависимости ударной вязкости от размера листа и определить, какая модель лучше описывает эту зависимость, то задача будет относиться к исследовательским. По дидактической роли ее можно отнести к задачам на формирование умений формализации задачи и построения математической модели.

Выполнение подобных учебно-профессиональных задач (отыскание статистических параметров показателей качества металлопродукции, химического состава; построение регрессионных моделей зависимости механических свойств) способствует повышению мотивации изучения дисциплин математического цикла; более качественному усвоению разделов (в частности, раздела «Математическая статистика»); формированию умений и навыков, необходимых будущему специалисту в его профессиональной деятельности.

Таблица 2

Классификация учебно-профессиональных математических задач

Основание для классификации	Тип учебно-профессиональных задач	Пример учебно-профессиональной математической задачи (по разделу «Математическая статистика»)
1	2	3
Содержание условия задачи	<p>Графические</p> <ul style="list-style-type: none"> – анализ имеющейся графической информации; – построение графических зависимостей 	<p>На рисунке представлено графическое изображение данных (корреляционное поле точек) предела текучести (FPT) низколегированной высокопрочной стали марки 14ХГ2САФД от массовой доли фосфора (P):</p>  <p>По характеру расположения точек определите форму уравнения связи</p>
	<p>Расчетные</p> <ul style="list-style-type: none"> – выбор алгоритма решения задачи; – проведение необходимых расчетов (математических операций); – запись ответа в виде формулы, выражающей зависимость между величинами либо в виде конкретного численного значения искомой величины 	<p>Определите значения статистических параметров результатов замеров механических свойств стали марки 17Г1С (предела текучести, временного сопротивления):</p> <ul style="list-style-type: none"> – среднее значение признака; – характеристики рассеяния (размах вариационного ряда, исправленную дисперсию, среднее квадратическое отклонение, коэффициент вариации)
	<p>Исследовательские</p> <ul style="list-style-type: none"> – планирование исследования; – определение причинно-следственных связей; – получение математической модели; – анализ и объяснение результатов исследования 	<p>Исследуйте зависимость ударной вязкости стали от массовой доли фосфора (P) и размера (H) листового проката С345. Определите тесноту связи между ударной вязкостью и признаками (P и H). Определите качество построенной модели в целом (результаты испытаний ударной вязкости и плавочный химический состав представлены в выборке)</p>
Способ формулировки условия задачи	<p>Конкретные</p> <ul style="list-style-type: none"> – наличие четкой формулировки требования задачи; – наличие всех необходимых данных для ее решения 	<p>Найдите вероятность попадания случайной величины в интервал (1; 5) с помощью плотности вероятности $j(x) = 0,5e^{- x }$ и с помощью функции распределения</p>
	<p>Абстрактные</p> <ul style="list-style-type: none"> – наличие недостающих либо избыточных данных задачи, в которых требование (проблема исследования) явно не выражено 	<p>Опишите методику проверки статистической подконтрольности информационного массива (для оценки стабильности технологического процесса производства во времени). Информационный массив предлагается</p>

1	2	3																					
Метод решения задачи	Алгоритмические – исполнение некоторого предписания, последовательность шагов которого приводит к полному и однозначному решению	Определите функцию распределения $F(x)$ и постройте ее график, если функция плотности вероятности имеет вид: $j(x) = \begin{cases} 0, & x < 0 \\ 5e^{-5x}, & x \geq 0 \end{cases}$																					
	Поисковые – задание, способ выполнения или результат которого заранее неизвестен, но студент обладает исходными данными и умениями для того, чтобы осуществить поиск результата или способа выполнения	Насколько тесной является связь между производительностью труда Y (тыс. руб.) и энерговооруженностью труда X (кВт) (в расчете на одного работающего) для 9 предприятий региона по данным: <table border="1" style="margin: 10px auto;"> <tr> <td>x_i</td> <td>2,8</td> <td>2,2</td> <td>3</td> <td>3,5</td> <td>3,2</td> <td>3,7</td> <td>4,0</td> <td>4,8</td> <td>6,0</td> </tr> <tr> <td>y_i</td> <td>6,7</td> <td>6,9</td> <td>7</td> <td>7,3</td> <td>8,4</td> <td>8,8</td> <td>9,1</td> <td>9,8</td> <td>10,1</td> </tr> </table>	x_i	2,8	2,2	3	3,5	3,2	3,7	4,0	4,8	6,0	y_i	6,7	6,9	7	7,3	8,4	8,8	9,1	9,8	10,1	
	x_i	2,8	2,2	3	3,5	3,2	3,7	4,0	4,8	6,0													
y_i	6,7	6,9	7	7,3	8,4	8,8	9,1	9,8	10,1														
Исследовательские – планирование исследования; – экспериментальная проверка гипотез исследования; – анализ и объяснение результатов	Осуществите математико-статистический анализ временного сопротивления разрыву в листовой горячекатаной стали 10ХСНД. Информационный массив предлагается																						
Дидактическая роль задач в учебном процессе	Задачи на формирование умений графической обработки информации – построение графических зависимостей для описания объектов и систем; – использование графических редакторов	1. Постройте график функции плотности вероятности $j(x) = 0,5e^{- x }$ и проверьте, выполняется ли условие нормировки. 2. Найдите линейное и квадратичное уравнения регрессии при определении влияния углерода на временное сопротивление стали 17Г1С. Для каждой модели постройте график найденной функции и результатов эксперимента (например, воспользовавшись программой StatGraph). Результаты испытаний временного сопротивления и плавочный химический состав представлены в выборке																					
	Задачи на формирование умений устанавливать взаимосвязь между рассматриваемыми явлениями и процессами – сравнение и сопоставление различных данных; – определение причинно-следственных связей	Произведите сравнительный анализ характеристик вариации информационного массива (пять характеристик)																					
	Задачи на формирование умений формализации задачи и построения математической модели – рассмотрение математического содержания технических понятий и законов; – построение математических соотношений (формул, уравнений, неравенств...), отражающих существенные свойства объекта или явления	Постройте математические модели зависимости: 1) ударной вязкости от массовой доли фосфора (P) углерода (C); 2) ударной вязкости от массовой доли фосфора (P) углерода (C) и размера листа (H). Оцените силу влияния аргументов на функцию. Результаты испытаний ударной вязкости и плавочного химического состава представлены в выборке																					
	Задачи на формирование умений строить и проверять гипотезы исследования – отыскание новой информации, формулировка идеи, проблемы исследования; – планирование исследования: построение гипотезы, определение круга задач; – экспериментальная проверка гипотезы исследования; – анализ и объяснение результатов	Расход сырья на единицу продукции составил по старой технологии: <table border="1" style="margin: 10px auto;"> <tr> <td>x_i</td> <td>303</td> <td>307</td> <td>308</td> <td>Всего</td> </tr> <tr> <td>n_i</td> <td>1</td> <td>4</td> <td>4</td> <td>7,3</td> </tr> </table> По новой технологии: <table border="1" style="margin: 10px auto;"> <tr> <td>x_i</td> <td>303</td> <td>304</td> <td>306</td> <td>308</td> <td>Всего</td> </tr> <tr> <td>n_i</td> <td>2</td> <td>6</td> <td>4</td> <td>1</td> <td>13</td> </tr> </table> Полагая, что расходы сырья по каждой технологии имеют нормальные распределения с одинаковыми дисперсиями, на уровне значимости 0,05 выяснить, дает ли новая технология экономию в среднем расходе сырья	x_i	303	307	308	Всего	n_i	1	4	4	7,3	x_i	303	304	306	308	Всего	n_i	2	6	4	1
x_i	303	307	308	Всего																			
n_i	1	4	4	7,3																			
x_i	303	304	306	308	Всего																		
n_i	2	6	4	1	13																		

ЛИТЕРАТУРА

1. Методика решения учебно-профессиональных исследовательских задач при изучении естественно-научных дисциплин (на примере курса общей физики) : методические рекомендации для студентов технических специальностей / сост. И. А. Ткачева. – Орск : Изд-во ОГТИ, 2009. – 63 с.

2. Усова А. В. Практикум по решению физических задач : для студентов физ.-мат. фак. / А. В. Усова, Н. Н. Тулькибаева. – 2-е изд. – М. : Просвещение, 2001. – 206 с.

3. ГОСТ 27772 «Прокат для строительных стальных конструкций».

Новотроицкий филиал Национального исследовательского технологического университета «МИСиС» (Московского института стали и сплавов)

Швалёва А. В., кандидат педагогических наук, доцент кафедры математики и естественных наук

E-mail: shvaleva.1978@mail.ru

Тел.: 8-922-825-81-15

4. *Изаак Д. Д.* Математическая статистика : лабораторный практикум / Д. Д. Изаак, А. В. Швалёва. – Орск : Орский гуманитар.-технол. ин-т (филиал) ОГУ, 2012. – 51 с.

5. *Гмурман В. Е.* Теория вероятностей и математическая статистика : учеб. пособие для вузов / В. Е. Гмурман. – 7-е изд., стер. – М. : Высш. шк., 2001. – 479 с.

6. *Калинина В. Н.* Математическая статистика : учебник для студ. сред. спец. учеб. заведений / В. Н. Калинина, В. Ф. Панкин. – 3-е изд., испр. – М. : Высш. шк., 2001. – 336 с.

Novotroitsk Branch of the National University of Science and Technology «MISiS» (Moscow Institute of Steel and Alloys)

Shvaleva A. V., Candidate of Pedagogic Sciences, Associate Professor of the Mathematics and Natural History Department

E-mail: shvaleva.1978@mail.ru

Tel.: 8-922-825-81-15