УДК 33:519.281: 52.08:528.11

И. В. Джунь
Приватное высшее учебное заведение «Международный экономико-гуманитарный университет имени академика Степана Демьянчука», Ровно, Украина

ОБ ИЗМЕНЕНИЯХ В ОСНОВАХ МОДЕЛИРОВАНИЯ И ОБРАБОТКИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Введение. Немецкий математик К. Ф. Гаусс, в своем известном труде [1] определил главное требование, которому должны подчиняться ошибки наблюдений x в методе наименьших квадратов (МНК):

$$-\frac{f'(x)}{xf(x)} = \text{const} = \frac{1}{\sigma^2} = P, \tag{1}$$

где $f(x)$ — закон плотности вероятности погрешностей наблюдений;
σ^2 — дисперсия;
P — вес измерений.

Предположение Гаусса (1) оказалось очень важным. Оно позволило создать, основной и самый распространенный метод моделирования — МНК.

Основная часть. В работе [2], доказана теорема, согласно которой равенство (1) возможно только в том случае, когда $f(x)$ является плотностью вероятностей нормального закона. Ни для какого иного распределения соотношение (1) не имеет места.

Предполагая, что x_i являются остаточными погрешностями математической модели, то главный принцип МНК сводится, как известно, к условию

$$f = \sum_{i=1}^{n} x_i^2 = \min, \tag{2}$$

где n — количество наблюдений.

Дифференцируя функцию f в (2) по каждому из неизвестных параметров a_j регрессионной модели, $j = 0,1, z,\ldots, k$, получаем систему $k + 1$ нормальных уравнений для их оценки. С особой силой подчеркиваем, что эти оценки будут эффективными только при адекватности условия (1) реальной практике наблюдений. Необходимо помнить, что минимизировать дисперсию ошибок можно только при условии их нормальности, потому, что только для закона Гаусса дисперсия есть полной и исчерпывающей характеристикой энтропии распределения и не является таковой для любого иного распределения. Но именно факт ненормальности остаточных ошибок x_i наиболее часто игнорируется исследователями из-за боязни усложнений с обработкой данных, хотя эти трудности, при нынешней компьютерной оснащенности вычислений, являются ничтожными. Эти усложнения пришли в практику моделирования незаметно вместе с наступлением эры автоматизации и компьютеризации научных экспериментов.

На первый взгляд может показаться, что это обстоятельство не имеет особого отношения к моделированию в экономике и статистическому анализу данных. Но это только на первый взгляд. Дело в том, что эра автоматизация экспериментов породила очень серьезную проблему в моделировании и даже в математической статистике. Эта проблема появилась в связи с необходимостью учёта факта невыполнения на практике основной, фундаментальной гипотезы (1) в МНК. Эта же гипотеза есть краеугольным камнем основных критериальных процедур и есть центральной в математической статистике. Это обстоятельство порождает следующие вопросы: почему ранее основная гипотеза (1) в МНК выполнялось и считалась адекватной; почему в эру автоматизации экспериментов гипотеза нормальности перестала вдруг выполняться; как повлиял неимоверный рост объемов выборок в эру автоматизации на требование (1)?

Ответ сразу на эти три вопроса дал знаменитый британский исследователь, профессор Кембриджского университета Г. Джеффрис (сэр Гарольд). В своих работах он убедительно показал, анализируя данные известного эксперимента К. Пирсона [5] и [6], что при объемах выборок $n > 500$, закон ошибок Гаусса и практически, и теоретически является несостоятельным. Этот же свой вывод он повторил в своем фундаментальном труде [7, §5.7], который выдержал в Великобритании 9 переизданий, начиная с 1939 года. Джеффрис в этих трудах примирил статистический опыт (показывающий, что действительно ошибки наблюдения часто есть гауссовыми), с реальностью. Он показал, когда именно часто погрешности есть нормальными и когда они, как правило, не являются такими. И можно только гадать, почему на эти результаты К. Пирсона [5] и сделанные на их основании выводы Г. Джеффриса [7] до сих пор не обращалось должного внимания. Не потому ли это произошло, что в потоках научной макулатуры, процент которой по исследованию российского профессора Института высоких статистических технологий и эконометрики МГТУ имени Н. Э. Баумана, А. И. Орлова, доходит до 90 % [8], затерялись упомянутые выше рафинированные работы Г. Джеффриса и К. Пирсона о несостоятельности гипотезы нормальности в больших выборках. И это произошло, не смотря на следующее предупреждение Гаусса: [9; 10]: «Никто не может сказать, каким на самом деле будет закон распределения ошибок наблюдений, если их продолжать до бесконечности». К большому сожалению о работах Джеффриса было известно только в специализированных отраслях: космических исследованиях [11; 12], астрофизике и астрометрии [13—18], баллистической гравиметрии [2; 19; 20]. Анализ литературы дает убедительные данные о негауссовом характере больших выборок и в экономике. Впервые общая оценка проблемы в эпоху больших выборок была дана в работе [21]. В последующих исследованиях относительных значений биржевых индексов оказалось, они имеют существенный положительный эксцесс очень далекий от гауссового $\varepsilon = 0$ [22; 24]. Об этом же свидетельствует колоссальные выборки относительных значений биржевых данных, полученных известным американским экономистом Е. Петерсом [24], а также анализ эконометрических данных у других исследователей [26; 27].

Первым, противником закона Гаусса, сообщившим важные сведение о действительном характере ошибок наблюдений в больших выборках, был американский математик и астроном С. Ньюком. В работе [28, с. 343] он считал «весьма особенными» те случаи, при которых ошибки есть гауссовыми, а на с. 345 отметил, что в некоторых «классах важных наблюдений», доля аномальных ошибок настолько велика, что «не было никакой возможности разделить наблюдения на нормальные и ненормальные»! А еще ранее [29, с. 382], он утверждал, что: «любая подборка наблюдений прохождения Меркурия [по диску Солнца] обязательно есть смесь наблюдений с разными вероятными ошибками». Чтобы уменьшить влияние аномальных ошибок на свои результаты, Ньюком не стал искать математическую форму адекватного закона ошибок для своих наблюдений с тем, чтобы воспользоваться первой частью формулы (1), являющейся гениальным гауссовым представлениям весовой функции в общем виде, для любого закона ошибок, а не только для нормального. Вместо этого Ньюком не из аналитических, а из эвристических соображений, предложил свою весовую функцию, открыв тем самим целую эпоху робастных процедур [30, с. 214].

Первыми, кто осознал после Гаусса значение и возможности, которое предоставляет для теории ошибок и моделирования левая часть формулы (1), были гринвичские астрономы Х. Р. Хюльме и Л. С. Симс. В работе [6] они продемонстрировали ошибки измерения широты на автоматизированном, плавающем на ртути зенит-телескопе Куксона. Число аномальных ошибок $x_i > 3\sigma$ для этого ряда, объемом $n = 4982$ наблюдений, составляло 454 (9, 11 %, вместо 0,27 % по Гауссу). Этот ряд имел 16 ошибок $x_i > 1''$ (7,63σ) и в целом резко несоответствовал идеалу нормальности, который в данном случае совершенно чужд проблеме. Это прекрасно понимали Хюльме и Симс, представив левую часть весовой функции Гаусса в [1] в более общем виде как:

$$-\frac{f'(x_i)}{x_i f(x_i)} = P(x_i), \qquad (3)$$

где, естественно, что $P\,(x_i) \neq \text{const}$ и является обратной дисперсией ошибки x_i, удаленной от центра распределения на величину x_i.

Формула (1), таким образом, представляет собою, всего на всего, частный случай весовой функции, рассмотренной Гауссом при обосновании МНК.

Цель нашего исследования состоит в том, чтобы показать более общее значение весовой функции (3). Её использование и привело к тем основным изменениям, которые произошли после Гаусса в теории математического моделирования и статистическом анализе данных.

Не имея аналитического выражения для $f\,(x_i)$ в (3) Х. Р. Хюльме и Л. С. Т. Симс в [6] вычисляли веса $P\,(x_i)$ погрешностей x_i получая $f'\,(x_i)$ и $f\,(x_i)$ с помощью транспортира и линейки по сглаженной гистограмме значений x_i. Оказалось, что веса ошибок при $x_i = 0''$, 1 и $x_i = 1''$ различались более чем в 28 раз! Это было веским доводом в пользу необходимости поиска более универсальной и более гибкой, чем закон Гаусса, математической формы распределения ошибок $f\,(x)$ в (3), которая давала бы возможность, не эвристически, а строго аналитически определять веса $P\,(x_i)$.

Что же кардинально важное внес в теорию ошибок Г. Джеффрис в своих трудах [3; 4; 7]? Его главная заслуга состоит в том, что он первый дал совершенную и универсальную математическую форму нового всеобщего закона ошибок $f\,(x)$ в формуле (3). Этот закон он скромно назвал: распределение Пирсона VII типа. Но предложенный им закон ошибок отличается от классического распределения Пирсона VII типа. Рафинированный характер Джеффрисового распределения Пирсона VII типа или закона ошибок Пирсона-Джеффриса состоит в том, что предложенный им новый трипараметрический закон имеет диагональную информационную матрицу, т.е. имеет независимые параметры. Таким свойством не обладает любое иное трипараметрическое распределение, например, *Lp*-распределение, или предложенные к использованию различными авторами распределения, в [31—33].

Новый, предложенный Джеффрисом закон ошибок с диагональной информационной матрицей или распределение Пирсона-Джеффриса [4] имеет вид:

$$f(x) = \frac{\Gamma(m+1)}{\sqrt{2\pi(M-0{,}5)}\Gamma(m+0{,}5)} \cdot \frac{1}{\sigma}\left[1 + \frac{0{,}5m^2}{(m-0{,}5)^3}\left(\frac{x-a}{\sigma}\right)^2\right]^{-m} \tag{4}$$

где a — математическое ожидание;

σ — мера рассеяния;

m — ключевой параметр формы (4), который зависит от положительного эксцесса распределения и является мерой уклонения распределения (4) от закона Гаусса. Сам же факт, когда $\varepsilon > 0$ — есть главная причина нарушения нормальности.

Отметим еще три замечательные особенности закона ошибок Пирсона-Джеффриса (4), кроме тех, которые мы упоминали:

1. Распределение (4) является регулярным в интервале $-\infty, +\infty$, как и закон Гаусса.

2. Форма (4) объединяет в себе два наиболее употребляемых распределения: при $m = \infty$ (4) является законом Гаусса, а при условии $m = (\nu + 1) / 2$ распределение (4) и t_ν Стьюдента являются идентичными. Иными словами, распределение (4) есть обобщением t_ν распределения [34].

3. Закон Пирсона-Джеффриса отвечает всем условиям существования границ неравенства Рао–Крамера, что позволяет успешно использовать его в практической работе при оценках надежности эффективных оценок. При $m = \infty$ границы неравенства Рао-Крамера для (4) превращаются в известные классические отношения для определения стандартов среднего и для среднего квадратического отклонения: $\sigma_a = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$; $\sigma_\sigma = \frac{\sigma}{\sqrt{2n}}$.

Рассмотрим ограничения, которым должны подчиняться реальные погрешности наблюдений, для того, чтобы к ним можно было применить форму (4).

Ограничение 1. Джеффрис показал в [3; 4; 7], что при значении m в пределах

$$3 \le m \le 5, \tag{5}$$

или то же самое при эксцессах

$$6 \ge \varepsilon \le 1{,}2, \tag{6}$$

ошибки в $\vartheta = x - a$ в (3) являются совершенно случайными, некоррелированными.

Ограничение 2. Если $m > 5$, то это уже свидетельство наличия корреляции ошибок, т. е. действия неисключенных систематических ошибок в эксперименте. Это обстоятельство есть замечательным, так как открывает пути контроля и совершенствования различных методик наблюдений, приборов, технологий и дает возможность диагностики математического моделирования методами, описанными в [35; 36].

Ограничение 3. Использование формы (4) предполагает также отсутствие значимой асимметрии статистического распределения ошибок.

Наличие значимых отрицательных эксцесса и асимметрии у действительных ошибок, есть свидетельство патологического характера эксперимента, его грубой и непродуманной постановки.

Какие изменения вызвало распределение (4) в практике моделирования вообще, и в экономическом моделировании в частности? Дело в том, что, форма (4) позволяет осуществить необходимую эволюцию классического МНК, состоящей в существенном расширении его возможностей как метода моделирования, обеспечивающего получение эффективных оценок при негауссовых остаточных ошибках. Эта новая возможность МНК-моделирования выражается в трансформации формулы (1) Гаусса в [1] к следующему ввиду:

$$\frac{f'(x_i)}{\vartheta_i f(x_i)} = P(\vartheta_i) \ne \text{const}, \tag{7}$$

где $P(\vartheta_i)$ — весовая функция остаточных ошибок ϑ_i, которые подчиняются распределению (4). Параметры в (4) — a, σ, m определяются методом максимального правдоподобия (ММП). Естественно, в (7) $P(\vartheta_i)$ не есть константной, она всегда положительна и больше нуля, а вес ошибки ϑ_i неограниченно уменьшается с возрастанием ϑ_i. В этом и заключается основное изменение в теоретических основах МНК после Гаусса. Если учесть, что, $P(\vartheta_i)$ — это обратная дисперсия случайной величины ϑ_i в точке абсциссы ϑ_i, то умножив все уравнения ошибок в регрессионной модели на $\sqrt{P(\vartheta_i)}$, мы, тем самым, нормализуем ошибки, полностью устраняя влияние аномальных ϑ_i. Обобщение МНК под условием (7) есть результатом применения ММП к негауссовым остаточным ошибкам и является математически безукоризненным в случае, когда m подчиняется условию (5), т. е. когда остаточные ошибки ϑ_i являются совершенно случайными (независимыми).

Реализация условия (7), т. е. модернизированного моделирования по МНК для негауссовых ϑ_i осуществляется в три этапа:

1 этап: реализуем классическое моделирование по МНК под условием (1) и находим остаточные ошибки модели ϑ_i;

2 этап: проверяем принадлежность остаточных ошибок к распределению (4) путем тестирования гипотез $\varepsilon > 0$, $A = 0$, где ε и A соответственно эксцесс и асимметрия остаточных ошибок. Заметим, что если при тестировании подтвердятся гипотезы: $\varepsilon = 0$, $A = 0$, то решение считается окончательным и дальнейшие вычисления прекращают. Но если окажется, что $A = 0$, а ε существенно больше нуля, то находим веса (7) для закона ошибок Пирсона-Джеффриса по формуле:

$$P(\nu_i) = \frac{f'(x_i)}{\vartheta_i f(x_i)} = \left[\left(\frac{(m-0,5)}{m} \right)^3 \sigma^2 + \frac{\vartheta_i^2}{2m} \right]^{-1} \neq \text{const}. \qquad (8)$$

3 этап: умножая каждое уравнение ошибок на $\sqrt{P(\vartheta_i)}$, производим их нормализацию и получаем эффективные оценки параметров модели под условием:

$$f = \sum\nolimits_{i=1}^{n} P(\vartheta_i) \cdot \vartheta_i^2 = \min. \qquad (9)$$

Подробное изложение этого метода дано в [35; 36]. Особо отметим, что оценки, полученные под условием (9) не являются робастными, (эвристическими), а получены строго аналитически на основе использования ММП–оценок параметров распределения (4) при вычислении весов (8).

Заключение. Огромное значение функции (8) в том, что с ее помощью Джеффрисовы ошибки (4) можно нормализовать и к ним применять классические, критерии математической статистики и их программное обеспечение, основаноне на законе Гаусса. Таким же образом нестационарные по дисперсии ряды динамики в экономике можно привести к стационарному виду, улучшая тем самым методику спектрального анализа и многие другие методики упрощая их и совершенствуя.

Резюмируя выше изложенное результаты скажем, что основное изменения после Гаусса в основаниях МНК состоит к замене в необходимых случаях формулы Гаусса (1), справедливой только для нормального закона, на более универсальное условие (8) позволяющее при МНК-моделировании в экономике использовать широкий класс симметрических негауссовых распределений остаточных погрешностей с положительным эксцессом, удовлетворяющих условиям (5) или (6), т. е. распределению (4). Таким образом, сдвиг в направлении большей универсальности методов МНК-моделирования произошел вследствие пришедшего к нам более глубокого понимания сути левой части формулы Гаусса (1) и весовой функции закона Пирсона-Джеффриса (8). Можно ли не реагировать на те изменения в теории математического моделирования, о которых мы говорили и которые произошли после Гаусса? Конечно можно. Но в этом случае есть большой риск оказаться в объятиях академического обскурантизма, который привел уже к двум известным финансовым катастрофам, которые случились в 1998 и 2006 годах и ярко описаны известным писателем Н. Н. Талебом [37]. Мир погрешностей наблюдений, да и вообще наших ошибок, намного, намного сложней, чем нам кажется. Но это еще не беда. Она в том, что мало кто догадывается об этом.

Список цитируемых источников

1. *Gauss, C. F.* Theoria motus corporum coelestium in sectionibus conicis Solem ambientium / C. F. Gauss. — Hamburgi, 1809.

2. *Двуліт, П. Д.* Застосування методів некласичної теорії похибок при абсолютних вимірах галілеєвого прискорення / П. П. Двуліт, Й. В. Джунь // Геодинаміка. — 2017. — № 1 (22). — С. 7—15.

3. *Jeffreys, H.* The Law of Errors and the Combinations of Observations / H. Jeffreys // Philos. Trans. Roy. Soc. London. — 1937. — Ser. A, № 237. — P. 231—271

4. *Jeffreys, H.* The Law of Errors in the Greenwich Variation of Latitude observations // H. Jeffreys // Mon. Not. of the RAS. — 1939. — Vol. 99, № 9. — P. 703—709.

5. *Pearson, K.* On the Mathematical Theory of Errors of Judgment with special Reference to the Personal Equation. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. — 1952. — Ser. A, vol. 198. — P. 235—296.

6. *Hulme, H. R.* The Law of Errors and the Combinations of Observations. Mon. Notic. Roy. Astron. Soc // H. R. Hulme, L. S. Sums. — 1939. — Vol. 99, № 8. — P. 642—658.

7. *Jeffreys, H.* Theory of Probability. Sec. Edition / H. Jeffreys. — Oxford, 1948. — 468 p.

8. *Орлов, А. И.* Высокие статистические технологии / А. И. Орлов // Завод. лаб. — 2003. — Т. 69, № 11. — С. 55—60.

9. *Gauss, C. F.* Theoria combinationis observationum erroribus minimis obnoxiae / C. F. Gauss. — [S. l.], 1823.

10. *Гаусс, К. Ф.* Избранные геодезические сочинения / К. Ф. Гаусс / под. ред. Г. В. Багратуни. — М. : Геодезиздат, 1975. — Т. 1. Способ наименьших квадратов. — 262 с.

11. *Dzhun, J. V.* Pearson's Distribution of Type VII of the Errors of satellite Laser Ranging Data. Kinematics and Physics of Celestial Bodies / J. V. Dzhun. — New York : Allerton Press, Inc. — 1991. — Vol. 7, № 3. — P. 74—84.

12. *Джунь, И. В.* Математическая обработка астрономической и космической информации при негауссовых ошибках наблюдений : автореф. дис. … д-ра физ.-мат. наук : спец. 01.03.01 «Астрометрия и небесная механика». — Киев : ГАО НАН Украины, 1992. — 46 с.

13. *Джунь, И. В.* Распределение Пирсона VII типа в ошибках наблюдений над колебаниями широт. Астрометрия и астрофизика / И. В. Джунь. — 1969. — С. 101—115.

14. *Джунь, И. В.* О назначении весов астрономическим наблюдениям. Астрометрия и астрофизика / И. В. Джунь. — 1970, вып. 10. — С. 26—34.

15. *Джунь, И. В.* Анализ параллельных широтных наблюдений, выполненных по общей программе: автореф. дис. … канд. физ.-мат. наук : спец. 01.03.01 «Астрометрия и небесная механика» / И. В. Джунь. — К.: Ин-т математики АН УССР, 1974. — 19 с.

16. *Dzhun, J. V.* About make use of Pearson Distribution of Type VII for the Approximation of observations Errors in Astrometry. Measurement Techniques. Springer / J. V. Dzhun. — 1992. — Vol. 35, № 3.

17. *Dzhun J. V.* A Method for diagnostics of Mathematical Models in theoretical Astronomy and Astrometry. Kinematics and Physics of Celestial Bodies / J. V. Dzhun. — New York : Allerton Press. Inc. — 2011. — Vol. 27, № 5. — P. 61—67.

18. *Dzhun, J. V.* What are «the Differences» Observation — Calculation within the modern Experiments in Astrometry. Kinematics and Physics of Celestial Bodies / J. V. Dzhun. — N. Y. : Allerton Press Inc. — 2012. — Vol. 28, № 1. — P. 68—76.

19. Особенность закона распределения результатов баллистических измерений ускорения силы тяжести. Повторные гравиметрические наблюдения / И. В. Джунь [и др.]. — М., 1984. — С. 87—100.

20. *Dvulit, P.* Diagnostics of the High-Precise Ballistic Measured Gravity Acceleration by Methods of Non-Classical Errors Theory / P. Dvulit, J. Dzhun // Geodynamics. — 2019. — № 1 (26). — P. 5—16.

21. *Dzhun, J. V.* The Problem of Probability Methods in Economics. Economica Firiem, 1998, Bardejovske Kupele 05—06. os. 1998. — P. 444—448.

22. *Gazda, V.* Normal Probability Distribution in Financial Theory — False Assumption and Consequences. In: Proceedings of the conference "The Process of Education and Upbringing in Higher and Learning Schools — the Ways of Development and Improvement" / V. Gazda. — Rivne : International University in Rivne, 1999. — P. 73—75.

23. *Gazda, V.* About the Distribution of random Oscillations of Stock Index RMS — 100 / V. Gazda, I. V. Dzhun // Economika Firiem. Kosice. — 9—10.09.1999.

24. *Dzhun, I. V.* O neplatnosti predpolady normality rosdelenia vynosnosti kapitalovych aktiv. Economic Review / V. I. Dzhun, V. O. Gazda . — Quarterly J. of the Univercity of Economics Bratislava. — 2003. — Vol. XXXII, № 3. — P. 303—308.

25. *Peters, E. E.* Fractal Market Analysis. Applying chaos Theory to investment and Economics / E. E. Peters. — New York : John Willey & Sons. Inc., 1981. — P. 18—53.

26. *Pagan, A.* The econometrics of financial markets / A. Pagan // J. of Empirical Finance. — 1996. — P. 15—102.

27. *Mittnik, S.* Modeling Asset Returns with Alternative Stable Distributions / S. Mittnik, T. Rachev // Econometric Reviews — 1993. — P. 261—330.

28. *Newcomb, S.* A generalized theory of the combination of observationns so, os to obtain the best Result. Amer. J. Math / S. A. Newcomb. — 1886. — Vol. 8. — P. 343—366.

29. *Newcomb, S.* Discussions and Results of Observations. Astron. Papers Amer. Ephemeris / S. Newcomb. — 1882. — Vol. 1. — P. 363—487.

30. *Newcomb, S.* Researches of the Motion of the Moon. Astronomical Papers / S. Newcomb ; published by the US National Office. — 1912. — Vol. 9. — P. 1—249.

31. *Кемниц, Ю. В.* Математическая обработка результатов геодезических измерений / Ю. В. Кемниц. — М. : ВИНИТИ, 1971. — Т. 7 : Итоги науки: Геодезия и аэросъемка. — С. 9—93.

32. *Кемниц, Ю. В.* Теория и методы математической обработки результатов геодезических измерений / Ю. В. Кемниц, В. Д. Власов. — М. : ВИНИТИ, 1978. — Т. 14 : Итоги науки и техники: Геодезия и аэросъемка. — С. 6—76.

33. *Маркузе, Ю. И.* Математическая обработка результатов геодезических измерений / Ю. И. Маркузе. — М. : ВИНИТИ, 1985. — Т. 23 : Итоги науки и техники: Геодезия и аэросъемка. — С. 3—47.

34. *Dzhun, J. V.* and Novitskiy P. V. Comments on the Use of the type VII Pearson Law in Astrometry. Kinematics and Physics of Celestial Bodies. — New York : Allerton Press Inc., 1992. — Vol. 8, № 5. — P. 78—81.

35. *Джунь, И. В.* Неклассическая теория погрешностей измерений / И. В. Джунь. — Ровно : Естеро, 2015 — 168 с.

36. *Dzhun, I. V.* Non-Classical Theory Measurements Errors — Amazon / I. V. Dzhun. — 2020. — P. 200.

37. *Taleb, N. N.* The Black Swan: The Impact of the Highly Improbable / N. N. Taleb. — New York : Random House, 2007. — P. 400.

УДК 004

М. А. Мальцев, А. Д. Митрофанов, Н. Н. Лавринчик

Учреждение образования «Белорусский государственный институт информатики и радиоэлектроники», Минск, Республика Беларусь

ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ ИНЖЕНЕРНОГО ПРОФИЛЯ

Введение. Качественная подготовка инженеров очень важная задача педагогов. Эта задача основывается на организации контроля качества образования и решения основных проблем преподавания таких важных, для инженеров, предметов как информатика, математика и физика [1].

Основная часть. Организация контроля качества образования строится на принципах, отражающих современные тенденции развития педагогической науки и соответствующих принципам личностно–ориентированной парадигмы образования: системность; преемственность и непрерывность; вариативность (возможность выбора форм, способов, технологий); креативность (создание условий для реализации творческого потенциала педагога).

Считается, что если выпускник продемонстрировал отличные знания, то его качество подготовки выше. Это так, но только отчасти. Научные исследования подтверждают, что преуспевание в рабочей сфере лишь на 15 % обусловливается знаниями своей профессии, а на 85 % — умением общаться с коллегами, склонять людей к своей точке зрения, рекламировать себя и свои идеи, т. е. личными качествами и способностями. Реальная практика и жизнь также демонстрируют, что чаще всего успеха в социальной и профессиональной карьере