

## О методических аспектах определения показателей качества знаний, формируемых студентами по математическим дисциплинам в технических вузах

**Герасименко Петр Васильевич**

доктор технических наук, профессор, Петербургский государственный университет путей сообщения  
Императора Александра I. Россия, г. Санкт-Петербург.

ORCID: 0000-0002-7546-661X. Scopus Author ID: 7005769656. E-mail: pv39@mail.ru

**Аннотация.** Обоснованы количественные показатели математических знаний студентов, формируемых в вузе. Первый показатель характеризует уровень знаний содержания дисциплины. Его количественная величина определяется индивидуальными экзаменационными оценками студентов и средней оценкой коллектива студентов. Второй показатель характеризует плотность межпредметной связи между математическими дисциплинами. Он измеряется величиной коэффициента корреляции между парой дисциплин внутри блока математических дисциплин и средним коэффициентом корреляции всех дисциплин блока. Приведен пример определения тесноты знаний между математическими дисциплинами, изученными бакалаврами направления подготовки «информатика и вычислительная техника» ПсковГУ.

**Ключевые слова:** математические дисциплины, ЕГЭ, регрессия, элементарная и высшая математика, корреляция.

Все последние годы проблема совершенствования подготовки кадров в вузах РФ занимает центральное место и ждет сегодня своего решения [3; 7; 8]. Острота ее подтверждена пресс-службой Минобрнауки РФ в своем сообщении (РИА Новости от 25 мая 2022 года) о необходимости реформы в связи с принятым в стране решением постепенно уходить от болонской системы. Усиление ухода из системы реформы в последнее время обусловлено тем, что стране надлежит сфокусироваться на создании и разработке личной системы образования. Необходимость ухода из болонской системы вызвала немало прогнозов и сценариев будущего образовательного процесса, в котором значительное место отводится повышению его качества.

Следовательно, остро поставлен вопрос создания методик оценки реального состояния образовательного процесса, который, как известно, включает оценку уровня воспитательной работы, формирование необходимых знаний в соответствии с учебными планами и программами, квалификации научно-педагогических кадров, результатов научно-исследовательской работы, качества учебно-методического и материально-технического обеспечения учебного процесса. Как известно, эффективное реформирование образования возможно лишь на основе применения корректных оценочных процедур его состояния, в свою очередь корректность оценки определяется качеством измерительных исходных материалов.

Рассматривая качество знаний выпускников вуза, следует отметить огромное влияние на формирование в вузе знаний базовых дисциплин, которые в свою очередь формируют огромный комплекс знаний дисциплин, определяющих профильные направления подготовки [4; 5]. В технических вузах важная роль принадлежит математическим дисциплинам, занимающим ведущее место в числе базовых.

В последние годы из-за произошедших в стране сложных социальных процессов существенно усложнился учебный процесс и снизился уровень знаний по элементарной математике у выпускников школы. Соответственно и качество подготовки студентов по математическим дисциплинам в вузах претерпело существенные изменения не в лучшую сторону [9; 10]. Неслучайно столь пристальное внимание продолжает уделяться сегодня качеству знаний, получаемых студентами по результатам учебного процесса в школе и вузе.

Кроме того, в связи с переходом на многоступенчатую форму обучения и новые государственные образовательные стандарты возникла настоятельная необходимость установления связи между знаниями изученных и подлежащих изучению дисциплин.

Целью настоящей работы является обоснование методических аспектов и подхода определения показателей качества знаний, формируемых в вузе математическими дисциплинами.

Для достижения поставленной цели реальный процесс обучения в вузе представляется случайным процессом, поскольку он подвержен значимому числу различных факторов, которые не

учитываются при определении таких интегральных показателей, как качество знаний. Подвергнуть случайный процесс детальному описанию для определения его качества не представляется возможным ввиду большой сложности учебного процесса. Поэтому качество рассматривают на временных сечениях этого процесса, посредством оценивания результатов сдачи студентами семестровых экзаменов.

Поскольку знания рассматривают как результат процесса познавательной деятельности, то есть сформированный субъективный образ реальности в форме понятий и представлений, то тогда на входе познавательного процесса следует поместить уровень знаний, предшествующих изучению дисциплины, а на выходе уровень достигнутого результата процесса.

Как известно, количественным индивидуальным показателем достигнутого уровня знаний содержания дисциплины каждого студента традиционно выступает оценка в баллах.

По своей сути оценка в баллах является значением случайной величины. Случайной ее следует считать даже потому, что ее выставляют как результат проверки знаний небольшой выборки проверяемого материала, в виде нескольких вопросов из большого их числа. Для отдельных групп студентов уровень качества знаний дисциплины в вузе оценивается традиционно по средней оценке.

Очевидно, оценка в баллах не в полной мере позволяет определить качество знаний обучаемых студентов, так она не учитывает степень влияния на нее предшествующих сформированных знаний. К сожалению, по настоящее время проведение диагностики знаний текущих дисциплин не увязывается или слабо увязывается с результатами контроля знаний предыдущих изученных дисциплин, а поэтому не дополняется причина уровня качества проведения учебного процесса.

Вместе с тем важным условием качества обучения студентов в вузе является наличие у них первичных базовых знаний для получения последующих новых знаний, которые должны опираться на предыдущие знания. Нарушая это основное правило педагогики, не обеспечивается утверждение, что новый материал необходимо изучать тогда, когда имеется необходимая база для его усвоения.

Поэтому необходимо при определении качества сформированных знаний изученных дисциплин устанавливать связи между базовыми для направления подготовки дисциплин и опорными для их изучения дисциплинами помощью показателей тесноты связи. С математической точки зрения такие показатели могут определяться с помощью корреляционного математического аппарата [6].

При исследовании качества знаний по второму показателю при изучении многосеместровых математических дисциплин необходимо использовать достигнутые результаты обучения по первому показателю. Для чего полученные студентами в вузе оценки по математическим дисциплинам предлагается сгруппировать в виде блока математических дисциплин, включающего статистические данные оценок студентов. В составе блока математические дисциплины вуза располагаются в порядке их изучения. За критерий качества принимается степень тесноты между изучаемой и предыдущими в блоке дисциплинами. В качестве показателя степени тесноты принято в работе использовать коэффициент корреляции. Обобщенным показателем степени тесноты между дисциплинами блока может выступать средний коэффициент корреляции [6].

Как известно, коэффициенты корреляции обладают свойством ограниченности по величине. Поскольку рост знаний предыдущей дисциплины не предполагает снижение знаний последующей дисциплины, то следует полагать интервал изменения коэффициента корреляции для корреляционной связи двух дисциплин от 0 до 1. Выполнив расчет коэффициентов корреляции между всеми возможными парами дисциплин, можно построить матрицу корреляции, которая будет характеризовать уровни связей между дисциплинами блока.

Тогда сумма всех коэффициентов, разделенная на их число, равна среднему коэффициенту корреляции блока исследуемых дисциплин. Число элементов матрицы зависит от решаемой задачи. В случае оценки качества знаний одного блока, включающего  $m$  дисциплин, по каждой из которых представлены оценки одних и тех же студентов в одном и том же порядке следования, число элементов матрицы будет равно  $h_1 = m \times (m-1) / 2$ . При построении матрицы коэффициентов корреляции, характеризующих тесноту связи между дисциплинами двух блоков, из которых первый блок содержит дисциплин  $m_1$ , а второй  $m_2$ , при числе студентов  $n$  в обоих блоках число элементов матрицы  $h_2 = m_1 \times m_2$ .

Для всех приведенных величин в пакете программы Excel существуют расчетные алгоритмы [6]. Они позволяют по статическим данным оценок студентов, полученных по математическим дисциплинам, получить средние значения оценок по каждой дисциплине, средние значения произведения оценок пары дисциплин, между которыми вычисляется коэффициент корреляции, и саму величину коэффициента [1].

Таким образом, количественные показатели сформированных в вузе знаний студентов должны входить в базовые показатели образовательного процесса. При этом уровень знаний содержания дисциплин, определяемый посредством индивидуальных экзаменационных оценок студентов

и интегральных средних оценок коллективов студентов, выступает как первый базовый показатель. Второй показатель предлагается направить на измерение плотности межпредметной связи между изучаемыми дисциплинами. Его количественным показателем может служить величина коэффициента корреляции между отдельными дисциплинами математического блока и среднего коэффициента корреляции дисциплин всего блока.

Следует отметить, что значение уровня знания школьной математики для формирования знаний математических дисциплин будущего выпускника инженерного вуза чрезвычайно велико. Ее роль для образовательного процесса в техническом вузе можно условно сравнить с выбором площадки для строительства промышленного здания. В обоих процессах, а именно строительства и образования, можно выделить следующие этапы: выбор площадки для строительства, создание фундамента, строительство корпуса здания и заполнение его оборудованием; в образовательном процессе им можно соотнести набор студентов, подготовку по математическим и естественно-научным дисциплинам, изучение общеинженерных и специальных дисциплин. Если строители выберут площадку на глинисто-болотистой местности вместо твердочувственной и скалистой, то в образовательном процессе это будет соответствовать, что студенты набраны с низким числом баллов по элементарной математике. В этом случае ожидать подготовку специалиста-творца, как в здании нормального производства, не имеет смысла.

Как отмечалось в последние десятилетия, система школьного образования претерпела существенные изменения, причем не в лучшую сторону и прежде всего при изучении элементарной математики. Кроме того, произошедшие в стране сложные социальные процессы существенно снизили как уровень организации учебного процесса в школе, так и желание школьников обучаться в вузах, требующих фундаментальную математическую подготовку.

Поэтому многие технические вузы проводят набор студентов с низким количеством баллов по элементарной математике и самостоятельно осуществляют по ней доподготовку с желающими. Отличительной особенностью доподготовки является ее кратковременный срок, взамен отведенного для изучения большого объема материала за длительное время в школе. Естественно, влияние доподготовки по элементарной математике не оказывается достаточным для успешного освоения математических дисциплин в вузе. Многие научные статьи, которые посвящены результатам математической подготовки, отмечают, что в технические вузы сегодня поступает большое количество студентов с числом баллов от 27 до 60. В частности, в статье [2] подтверждается, что именно с такими баллами число студентов, поступивших в 2015 и 2018 гг. на направление «Информатика и вычислительная техника (ИВТ)» в ПсковГУ, составило около 80 % [1].

Используя статистические данные бакалавров направления ИВТ ПсковГУ, которые приведены в работе [1], выполнены определения показателей знаний математических дисциплин. Для бакалавров 2015 г. поступления в ПсковГУ таблица содержит средние по всем бакалаврам направления ИВТ количества баллов ЕГЭ и средние значения экзаменационных оценок в вузе по всем математическим дисциплинам, в порядке их изучения [1].

Таблица 1

Средние значения математических оценок в вузе и баллов ЕГЭ

Блок дисциплин	Математические						
	0	1	1	1	3	2	2
Семестр							
ЕГЭ и математические дисциплины	ЕГЭ по математике	Математическая логика	Алгебра и геометрия	Математический анализ	Теория вероятностей	Дискретная математика	Вычислительная математика
Средние значения	48,5	4,7	3,7	3,3	3,6	3,6	3,6

Следует заметить, что для дисциплины «Вычислительная математика», поскольку она изучается последней, когда все дисциплины математического блока изучены, определены коэффициенты корреляции со всеми изучаемыми дисциплинами. Дисциплина «Математическая логика» изучалась первой, и поскольку на нее влияние не оказывают другие дисциплины, кроме ЕГЭ, то определение коэффициента не проводилось.

Используя данные [1], выполнен расчет матрицы коэффициентов корреляции, на основании которой на рисунке графически представлены их величины.

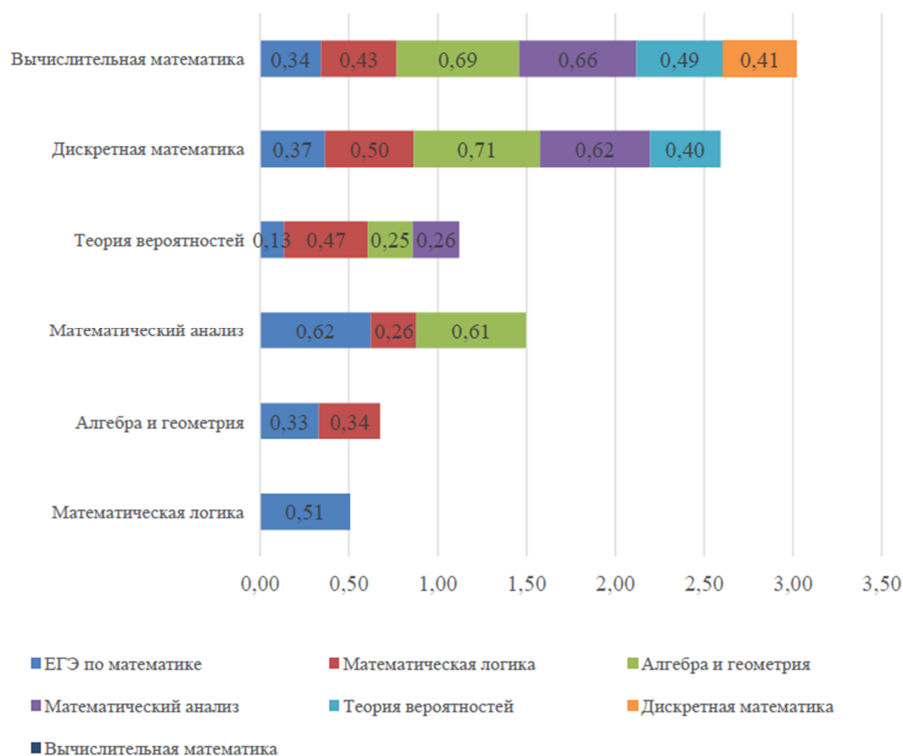


Рис. 1. Величины коэффициентов корреляции математического блока

Анализ результатов расчетов, представленных на рисунке, свидетельствует о низком уровне тесноты связи между дисциплинами математического блока. Средний коэффициент корреляции между дисциплинами математического блока равен 0,47.

Проведенные исследования подтверждают вывод многих работ, посвященных влиянию школьной математики на изучение математических дисциплин в разных вузах, что сегодня уровень получаемых знаний по математическим дисциплинам и теснота связи между ними не являются достаточными. Этот вывод подтверждается и другими показателями [1; 2].

### Список литературы

1. *Вертешев С. М.* Моделирование зависимости показателей знаний инженерных дисциплин от математических дисциплин при подготовке студентов по направлению ИВТ в Псковском государственном университете / С. М. Вертешев, П. В. Герасименко, С. Н. Лехин // *Инженерное образование*. 2019. № 25. С. 82–91.
2. *Вертешев С. М.* Роль математики и информатики в подготовке инженеров для инновационной деятельности / С. М. Вертешев, П. В. Герасименко, С. Н. Лехин // *Перспективы развития высшей школы : мат-лы X Международной научно-методической конференции*. Гродно : ГГАУ, 2017. С. 223–226.
3. *Виноградов Б. А.* Системный подход к оценке качества подготовки кадров для ОПК / Б. А. Виноградов, В. Г. Пальмов, Г. П. Мещерякова // *Инновация*. 2014. № 10 (192). С. 70–79.
4. *Ганичева А. В.* Математическая модель оценки качества обучения // *В мире научных открытий*. 2015. № 6.1 (66). С. 313–326.
5. *Ганичева А. В.* Оценка эффективности процесса обучения // *Интеллект. Инновации. Инвестиции*. 2011. № 2. С. 134–137.
6. *Герасименко П. В.* Математическое моделирование процесса изучения учебных многосеместровых дисциплин в технических вузах / П. В. Герасименко, Е. А. Благовещенская, В. А. Ходаковский // *Известия Петербургского государственного университета путей сообщения*. 2017. Т. 14. № 3. С. 513–522.
7. *Изосимова Т. Н.* Компетентностный подход как гарантия качества подготовки современных специалистов в области IT-технологий / Т. Н. Изосимова, Л. В. Рудикова // *Научные труды Академии управления при Президенте Республики Беларусь*. Минск : Акад. упр. при Президенте Респ. Беларусь, 2014. Вып. 16 : в 2 ч. Ч. I. Экономика. 502 с.
8. *Поличка А. Е.* Особенности проектирования инновационной инфраструктуры подготовки кадров информатизации региональной системы образования в условиях функционирования информационно-коммуникационной предметной среды : монография. Хабаровск : ДВГУПС, 2015. 86 с.
9. *Русаков А. А.* Методологические проблемы обучения математике : мат-лы Международной научно-практической конференции «Физико-математическое образование: цели, достижения и перспективы» (10–13 мая 2017 г.). Минск : Белорусский государственный педагогический университет им. М. Танка, 2017. С. 17–23.
10. *Уразаева Л. Ю., Дацун Н. Н.* Проблемы математического образования и их решение // *Вестник Пермского университета*. Серия: Математика. Механика. Информатика. 2015. № 3 (30). С. 57–63.

# On methodological aspects of determining the indicators of the quality of knowledge formed by students in mathematical disciplines in technical universities

Gerasimenko Pyotr Vasilyevich

Doctor of Technical Sciences, professor, St. Petersburg State University of Railways of Emperor Alexander I. Russia, St. Petersburg. ORCID: 0000-0002-7546-661X. Scopus Author ID: 7005769656. E-mail: pv39@mail.ru

**Abstract.** The quantitative indicators of mathematical knowledge of students formed at the university are substantiated. The first indicator characterizes the level of knowledge of the content of the discipline. Its quantitative value is determined by the individual examination grades of students and the average assessment of the student team. The second indicator characterizes the density of interdisciplinary communication between mathematical disciplines. It is measured by the value of the correlation coefficient between a pair of disciplines within a block of mathematical disciplines and the average correlation coefficient of all disciplines in the block. An example of determining the closeness of knowledge between mathematical disciplines studied by bachelors of the direction of training "computer science and computer engineering" of Pskov State University is given.

**Keywords:** mathematical disciplines, USE, regression, elementary and higher mathematics, correlation.

## References

1. Verteshev S. M. *Modelirovanie zavisimosti pokazatelej znaniy inzhenernykh disciplin ot matematicheskikh disciplin pri podgotovke studentov po napravleniyu IVT v Pskovskom gosudarstvennom universitete* [Modeling of the dependence of knowledge indicators of engineering disciplines on mathematical disciplines in the preparation of students in the direction of IVT at Pskov State University] / S. M. Verteshev, P. V. Gerasimenko, S. N. Lekhin // *Inzhenernoe obrazovanie – Engineering education*. 2019. No. 25. Pp. 82–91.
2. Verteshev S. M. *Rol' matematiki i informatiki v podgotovke inzhenerov dlya innovatsionnoy deyatel'nosti* [The role of mathematics and computer science in the training of engineers for innovation] / S. M. Verteshev, P. V. Gerasimenko, S. N. Lekhin // *Perspektivy razvitiya vysshey shkoly : mat-ly H Mezhdunarodnoy nauchno-metodicheskoy konferencii – Prospects for the development of higher education : materials of the X International Scientific and Methodological Conference*. Grodno. GSAU. 2017. Pp. 223–226.
3. Vinogradov B. A. *Sistemnyy podhod k ocenke kachestva podgotovki kadrov dlya OPK* [A systematic approach to assessing the quality of personnel training for the defense industry] / B. A. Vinogradov, V. G. Palmov, G. P. Meshcheryakova // *Innovatsiya – Innovation*. 2014. No. 10 (192). Pp. 70–79.
4. Ganicheva A. V. *Matematicheskaya model' ochenki kachestva obucheniya* [Mathematical model for assessing the quality of education] // *V mire nauchnykh otkrytij – In the world of scientific discoveries*. 2015. No. 6.1 (66). Pp. 313–326.
5. Ganicheva A. V. *Ocenka effektivnosti processa obucheniya* [Evaluation of the effectiveness of the learning process] // *Intellekt. Innovatsii. Investitsii – Intelligence. Innovation. Investment*. 2011. No. 2. Pp. 134–137.
6. Gerasimenko P. V. *Matematicheskoe modelirovanie processa izucheniya uchebnykh mnogosemestrovnykh disciplin v tekhnicheskikh vuzah* [Mathematical modeling of the process of studying multi-semester academic disciplines in technical universities] / P. V. Gerasimenko, E. A. Blagoveshchenskaya, V. A. Khodakovskiy // *Izvestiya Peterburgskogo gosudarstvennogo universiteta putej soobshcheniya – News of the St. Petersburg State University of Railway Transport*. 2017. Vol. 14. No. 3. Pp. 513–522.
7. Izosimova T. N. *Kompetentnostnyy podhod kak garantiya kachestva podgotovki sovremennykh specialistov v oblasti IT-tehnologiy* [Competence approach as a guarantee of the quality of training of modern specialists in the field of IT technologies] / T. N. Izosimova, L. V. Rudikova // *Nauchnye trudy Akademii upravleniya pri Prezidente Respubliki Belarus' – Scientific works of the Academy of Management under the President of the Republic of Belarus*. Minsk. Akad. upr. under the President of the Republic. Belarus. 2014. Is. 16 : in 2 parts. Part I. Economy. 502 p.
8. Polichka A. E. *Osobennosti proektirovaniya innovatsionnoy infrastruktury podgotovki kadrov informatizatsii regional'noy sistemy obrazovaniya v usloviyakh funkcionirovaniya informatsionno-kommunikatsionnoy predmetnoy sredy : monografiya* [Features of the design of the innovative infrastructure of personnel training for the informatization of the regional education system in the context of the functioning of the information and communication subject environment : monograph]. Khabarovsk. Far Eastern State University of Railway Engineering. 2015. 86 p.
9. Rusakov A. A. *Metodologicheskie problemy obucheniya matematike : mat-ly Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferencii "Fiziko-matematicheskoe obrazovanie: celi, dostizheniya i perspektivy" (10–13 maya 2017 g.)* [Methodological problems of teaching mathematics : materials of the International Scientific and Practical Conference "Physical and mathematical education: goals, achievements and prospects" (May 10–13, 2017)]. Minsk. M. Tank Belarusian State Pedagogical University. 2017. Pp. 17–23.
10. Urazaeva L. Yu., Dacun N. N. *Problemy matematicheskogo obrazovaniya i ih reshenie* [Problems of mathematical education and their solution] // *Vestnik Permskogo universiteta. Seriya: Matematika. Mekhanika. Informatika – Herald of Perm University. Series: Mathematics. Mechanics. Computer science*. 2015. No. 3 (30). Pp. 57–63.