SOCIETY. INTEGRATION. EDUCATION
Proceedings of the International Scientific Conference. Volume I, May 24th -25th, 2019. 183-193

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ЗНАНИЙ МАТЕМАТИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН НА ИЗУЧЕНИЕ СПЕЦИАЛЬНЫХ ДИСЦИПЛИН

A methodology to Study the Influence of the Knowledge of Mathematical Disciplines for Studying Special Disciplines

Petr Gerasymenko
Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University,
Russian Federation

Valentin Khodakovskiy
Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University,
Russian Federation

Sergey Verteshev
Pskov State University, Russian Federation

Sergey Lyokhin
Pskov State University, Russian Federation

Alexander Khvattcev
Pskov State University, Russian Federation

Abstract. *Professional training of students at the University should form the graduate's solid knowledge and ability to quickly master his often changing functional duties. To do this, the basic disciplines of the engineer should be based on the fundamental disciplines of the first courses, which include, first of all, mathematics and physics. However, mathematical training of University students in the first years has become particularly difficult in recent years.*
It is known that today school graduates have a low level of exam scores in mathematics, which does not provide adequate assistance to successfully master not only higher mathematics at the University, but also special disciplines. In this regard, currently an urgent task is to study the levels of knowledge of special disciplines by students of technical universities, depending on the level of knowledge of mathematical disciplines.
To ensure the quality of teaching mathematics at the University there are methodical systems of organization of level differentiation of training, which takes into account the initial level of pre-University training and corresponding to this level of the program of University mathematical training. However, their implementation is not very successful.
The paper proposes a method of evaluation of the study of the connection of mathematical disciplines with General scientific and special disciplines. Their establishment can allow to make necessary adjustments in their study for subsequent sets to the University.

© Rēzeknes Tehnoloģiju akadēmija, 2019
http://dx.doi.org/10.17770/sie2019vol1.3958

Keywords: *basic disciplines, fundamental disciplines, educational process, exam scores, connection of disciplines.*

Введение
Introduction

Профессиональная подготовка студентов в вузе должна формировать у выпускника твердые знания и способность быстро осваивать часто изменяемые его функциональные обязанности. Поэтому контроль качества обучения является важнейшей составляющей учебного процесса. Обычно такой контроль осуществляют с помощью мониторинга формирования компетенций обучающихся (Stephen Adam, 2008; Хватцев, 2017). Не менее (а может даже и более) важным является установление факторов, влияющих на качество обучения.

Базовые дисциплины инженера должны опираться на фундаментальные дисциплины первых курсов, к числу которых относятся, прежде всего, математика и физика (Вертешев С.М., Герасименко П.В., & Лехин С.Н., 2017). Известно, что сегодня большинство выпускников школ имеют низкий уровень баллов единого государственного экзамена (ЕГЭ) по математике. Это обстоятельство затрудняет студентам, поступившим в университет, успешно осваивать не только высшую математику в вузе, но и специальные дисциплины (Герасименко П.В., 2011).

Поэтому в настоящее время актуальной задачей является исследование уровней знаний специальных дисциплин студентами технических вузов в зависимости от уровня знаний математических дисциплин.

Для обеспечения качества обучения математике в вузе существуют методические системы организации уровневой дифференциации обучения, где учитываются начальный уровень подготовки и соответствующая этому уровню программа вузовской математической подготовки. Однако их реализация большого успеха не имеет (Герасименко П.В., 2010).

В настоящее время, как и ранее, традиционно для оценивания качества организации и проведения учебного процесса в вузе используются результаты экзаменов в интегральной форме, а именно, в качестве показателей принимают: индивидуально для студента – его оценку; для группы студентов – среднюю оценку по данной дисциплине.

Как отмечалось, за последние несколько десятков лет качество знаний существенно пострадало, а уровни показателей этих знаний (экзаменационные оценки) практически сохранились.

Цель работы направлена на создание методики оценивания влияния математических дисциплин на качество изучения специальных дисциплин, а также оценки взаимосвязи между различными дисциплинами. Методика

должна позволять по статистическим данным действующего набора разрабатывать пути совершенствования качества изучения студентами учебных дисциплин будущих наборов.

Постановка задачи
Formulation of the Problem

Для оценивания степени влияния базовых знаний, методических и организационных факторов более корректно рассматривать стохастическую модель (Герасименко П.В., Благовещенская Е.А., & Ходаковский В.А., 2017). Проявление стохастической зависимости объясняется действием на результаты семестрового экзамена большого числа как контролируемых, так и неконтролируемых в образовательном процессе факторов. Основными из них являются базовые знания, организация учебного процесса, методика преподавания и самостоятельная работа студентов.

В данной работе, как и в (Герасименко П.В. & Ходаковский В.А., 2014), на основе регрессионного и дисперсионного анализа результатов экзаменов предложены алгоритм и программа с использованием пакета MathCad построения матрицы взаимосвязи экзаменационных оценок.

В качестве показателей рассматриваются семестровые оценки изучаемых дисциплин, которые отражают связи этих дисциплин между собой. Выбор стохастической модели обусловлен огромной сложностью учебного процесса, зависящего от большого количества различных факторов.

Модель рассматривается как функциональное устройство, которое производит сложные преобразования над знаниями студентов по математике, увеличивая их объём и повышая степень сложности. В результате такого преобразования в течение семестра возникают новые знания, которые будут конечными для данного семестра и исходными для следующего семестра.

Таким образом, как вывод следует отметить, что реальный процесс поступления в университет и обучения студентов в вузе рассматривается как случайный процесс. Но поскольку выполнить моделирование этого процесса ввиду большой его сложности не представляется возможным, то рассматриваются сечения процесса - моменты сдачи вступительного (тестирование) и семестрового, либо двух семестровых экзаменов.

Описание процесса анализа
Description of the Process Analysis

Основу методики составляют методы корреляционного, факторного и регрессионного анализов результатов освоения специальных дисциплин. Предлагаемая математическая методика освоения образовательной про-

граммы вуза учитывает индивидуальные и групповые средние оценки, которые получены по разным дисциплинам или группам дисциплин в зависимости от уровня освоения математических дисциплин.

Модель рассматривается как некий процесс преобразования знаний, приобретённых студентами при изучении на начальных курсах математических дисциплин, в знания по специальным дисциплинам. В результате такого преобразования в течение семестра формируются знания, которые являются конечными для текущего семестра и исходными для изучения специальных дисциплин в последующих семестрах.

Предлагаемая методика параллельно сопровождается иллюстрацией ее применения на процессе подготовки бакалавров по направлению «информационные системы и технологии» (ИСТ) в Псковском государственном университете (таблица 1).

*Таблица 1.**Результаты экзаменов студентов группы ИСТ за 3 семестров***
*Table 1 **Examination results of students group of IST for 3 semesters***

Информационные системы и технологии	Мат логика	Алгебра и геометрия	Мат. анализ	Информатика	Теория вероятностей	Дискретная математика	Программирование	Физика	Теория алгоритмов	Основы моделирования	Инф. технологии	Вычислительная математика	Инж. и комп. графика	Техн. программирования
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Семес / Студ	1	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3
1	5	5	4	5	4	5	4	3	5	4	4	4	5	4
2	5	3	3	4	3	3	3	3	3	3	4	3	4	4
3	4	3	3	5	3	5	4	3	4	3	3	3	4	4
4	5	5	5	4	5	3	5	4	5	4	5	5	5	5
5	5	3	3	5	4	5	4	4	4	3	3	4	4	4
6	5	4	4	4	5	4	4	3	4	4	5	4	5	5
7	5	4	4	5	4	5	5	4	5	4	4	4	5	5
8	5	5	3	4	4	5	4	3	5	4	4	4	4	4
9	5	3	3	5	4	5	4	4	5	5	5	4	5	4
10	5	5	5	4	5	5	5	4	5	5	4	5	5	5
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
24	5	3	3	5	3	5	4	3	5	4	4	4	5	4
25	5	3	3	4	3	4	4	3	5	3	3	3	4	4
Ср балл	4.92	3.72	3.56	4.52	3.72	4.4	4.16	3.32	4.44	3.72	4	3.8	4.64	4.16

В таблице представлены результаты успеваемости части студентов (по списку с 1 по 10 и с 24 по 25) группы ИСТ за три семестра обучения. При проведении исследования было проанализировано обучение студентов в течение 6 семестров, в которых изучались 25 дисциплин.

В соответствии с поставленной целью необходимо было выяснить степень статистической связи семестровой успеваемости группы и успеваемости по конкретной специальной дисциплине от средней ранжированной успеваемости группы по математическим дисциплинам (независимый фактор).

Для этого вместо матрицы статистических данных, в которой связаны студенты по их списку с результатами экзаменов по математическим дисциплинам, строится новая матрица результатов экзаменов по дисциплинам в соответствии с рейтингом, который присваивается студентам в результате освоения математических дисциплин.

Ниже приведена программа в среде MathCAD построения этой новой матрицы.

```
renom(X, Y) := | m ← rows(X)
               | n ← cols(X)
               | for k ∈ 0..n − 1
               |   for i ∈ 0..m − 1
               |     D_{i,k} ← (X^⟨k⟩)_(Y_i − 1)
               | D
```

Особенность программы заключается, что при формировании новой матрицы выбирается k -тый столбец таблицы 1 и формируется новая матрица, в которой строки указывают не номер студента в группе, а его рейтинг по среднему баллу математических дисциплин. Аргументом X в программе является таблица успеваемости, а аргумент Y – ранжированный в порядке возрастания вектор среднего балла студента по освоению математических дисциплин.

На рис. 1. приведен график среднего балла группы ИСТ по всем дисциплинам за период обучения.

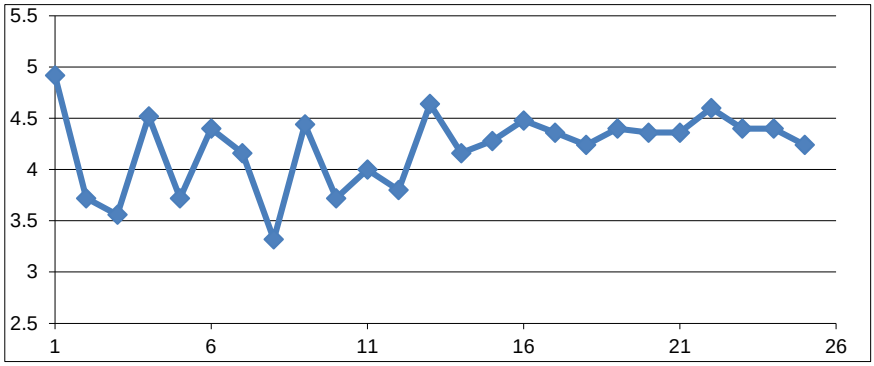


Рисунок 1. ***Средний балл группы ИСТ по всем дисциплинам***
(номер на оси X соответствует номеру дисциплины)
Figure 1 ***Average score of the ICT group in all disciplines***
(the number on the x-axis corresponds to the discipline number)

Анализ рис. 1. позволяет сделать вывод, что успеваемость по дисциплинам, изучаемым в первых трех семестрах, имеет сильный разброс относительно среднего значения, а в последующих семестрах средний бал стабилизируется относительно балла 4,35. Данный результат объясняется влиянием нескольких факторов, основным из которых является повышение мотивации к обучению на старших курсах.

Авторами выполнен расчет и анализ графиков регрессии семестровой успеваемости по средней успеваемости математических дисциплин. Результаты представлены на рис. 2 – 4.

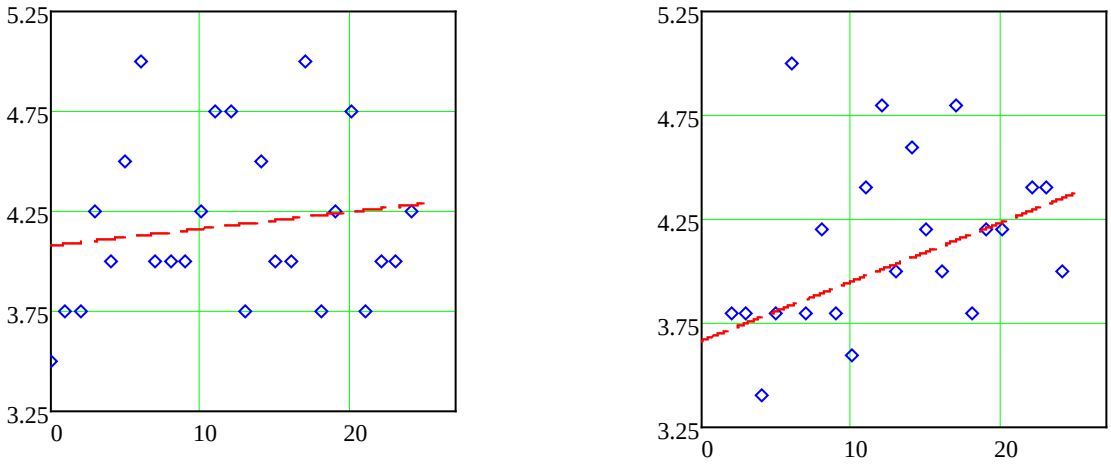


Рисунок 2. ***Зависимость успеваемости в семестрах 1, 2 от успеваемости по математическим дисциплинам***
Figure 2 ***Dependence of academic performance in semesters 1, 2 on academic performance in mathematical disciplines***

Анализ рис. 2. позволяет заключить, что регрессия результатов второго семестра более значима по сравнению с первым семестром, что может быть объяснено окончанием адаптации студентов к процессу обучения в вузе.

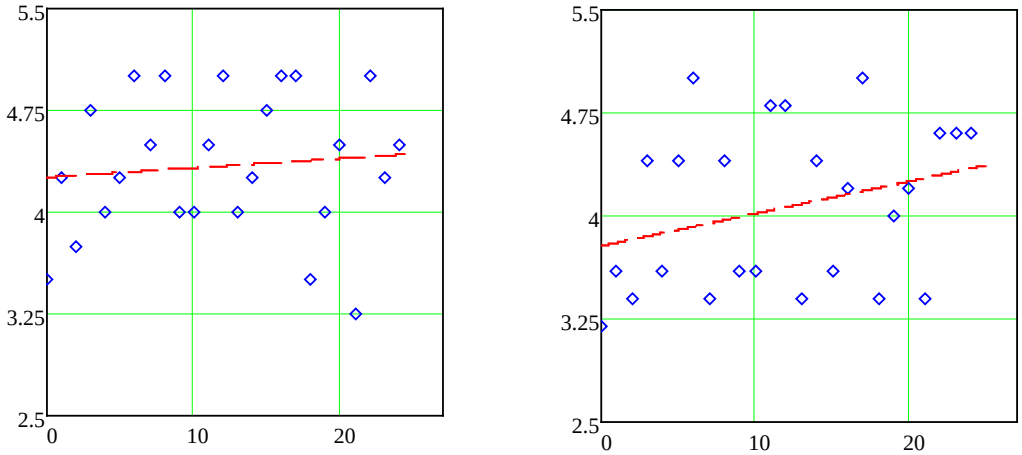


Рисунок 3. ***Зависимость успеваемости в семестрах 3, 4 от успеваемости по математическим дисциплинам***
Figure 3 ***Dependence of academic performance in semesters 3, 4 on academic performance in mathematical disciplines***

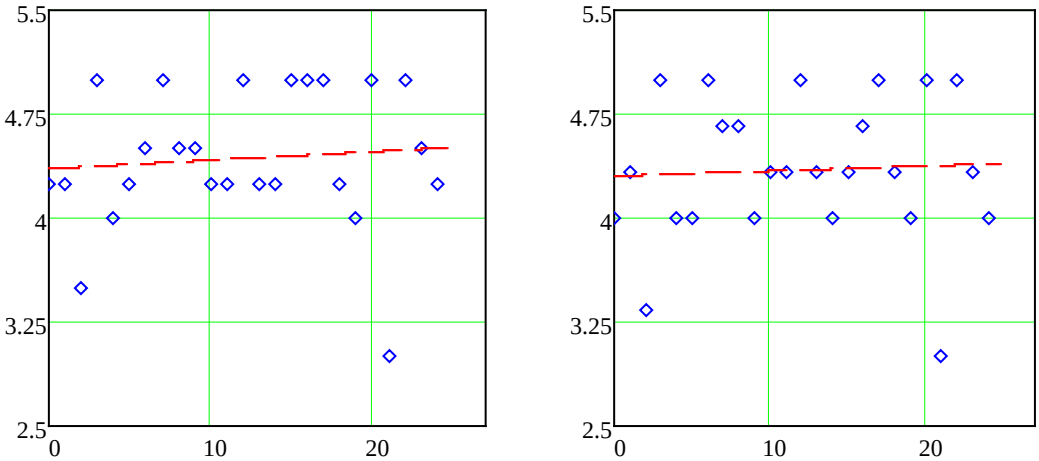


Рисунок 4. ***Зависимость успеваемости в семестрах 5, 6 от успеваемости по математическим дисциплинам***
Figure 4 ***Dependence of academic performance in semesters 5, 6 on academic performance in mathematical disciplines***

Анализ рис. 3,4. позволяет заключить, что регрессия результатов третьего семестра несколько снижается по сравнению со вторым семестром. Более того выявлено, что в последующих семестрах, особенно в шестом, статистическая связь становится малозначимой.

Далее приводится анализ статистической связи результатов освоения специальных дисциплин с результатами освоения математических дисциплин. На рис. 5. показана зависимость результатов экзаменов дисциплины №9 «Теория алгоритмов» (семестр 2) от результатов освоения математических дисциплин. Коэффициент корреляции Пирсона составляет R = 0,57, а детерминации D = 0,33.

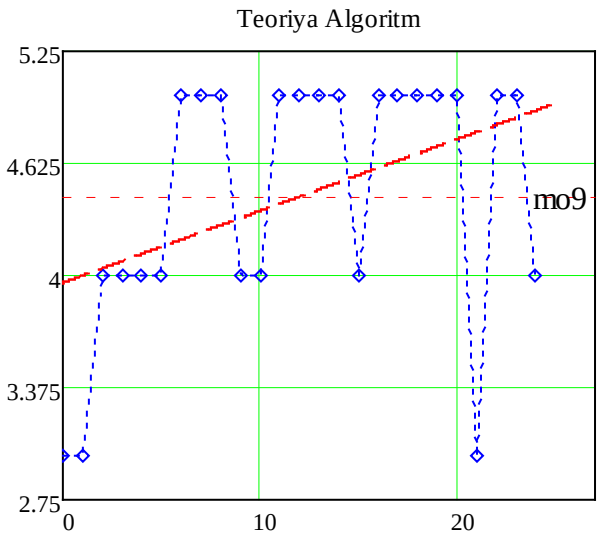


Рисунок 5. ***Результаты экзаменов по дисциплине «Теория алгоритмов»***
Figure 5 ***Results of examinations in the discipline "theory of algorithms"***

Из рис. 5. заключаем, что корреляция с математическими дисциплинами положительная, студенты 1,2 – показавшие слабые знания математики, и в данной дисциплине оказались отстающими, но в то же время студент 21, несмотря на неплохие результаты в освоении математических дисциплин, показал слабые знания в данной дисциплине.

На рис. 6. приведены результаты освоения дисциплины №10 «Основы моделирования» (семестр 3). Коэффициент корреляции Пирсона составляет R = 0,825, а детерминации D = 0,68.

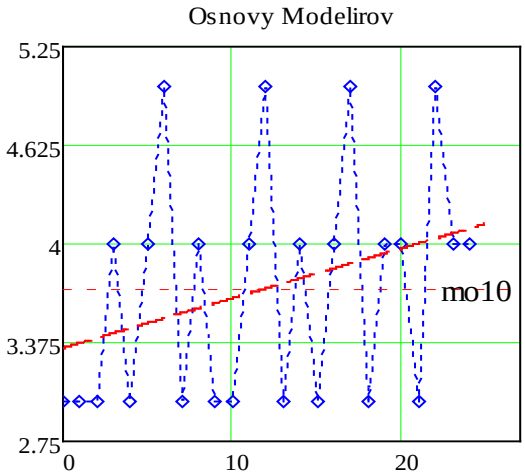
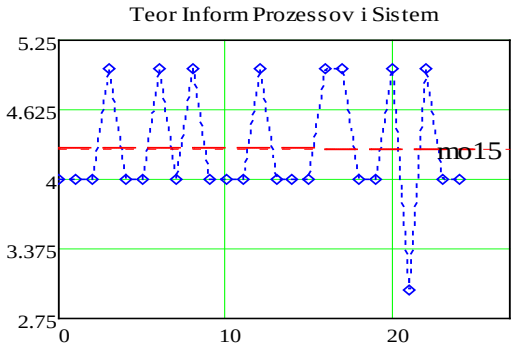


Рисунок 6. ***Результаты экзаменов по дисциплине «Основы моделирования»***
Figure 6 ***Results of examinations in the discipline "Fundamentals of modeling"***

На рис. 7. приведены результаты освоения дисциплины №15 «Теория информационных процессов и систем» (семестр 4) и дисциплины №19 «Управление данными» (семестр 5).



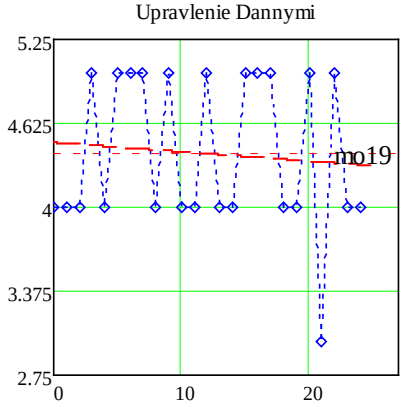


Рисунок 7. ***Результаты экзаменов по дисциплине «Теория информационных процессов и систем» и «Управление данными»***
Figure 7 ***Results of examinations in the discipline "Theory of information processes and systems" and "Data Management"***

Для результатов, представленных на рис.7, коэффициент корреляции Пирсона составляет $R = 0{,}52$, а детерминации $D = 0{,}27$ для дисциплины №15 и коэффициент корреляции Пирсона составляет $R = 0{,}43$, а детерминации $D = 0{,}19$ для дисциплины №19.

Анализ данных, позволяет заключить, что статистическая связь результатов освоения математических дисциплин с результатами экзаменов по специальным дисциплинам в пятом и шестом семестрах заметно снижается, однако средние баллы по специальным дисциплинам особенно в 5 и 6 семестрах оказываются более высокими.

Это может быть связано с несколькими причинами. Во-первых, не все преподаватели специальных дисциплин опираются на математические знания, а во-вторых, к четвертому году обучения мотивация к получению специальных знаний у студентов повышается, что и приводит к хорошим результатам экзаменов в 5 и 6 семестрах.

Выводы
Conclusions

Авторы привели методику анализа результатов экзаменов, использованную ими в реальном учебном процессе Псковского государственного университета. Несмотря на относительную простоту вычислительных операций, применение ее позволяет получать научно обоснованные выводы по анализу результатов освоения студентами учебной программы.

В работе основной акцент сделан на оценку влияния математических знаний на освоение специальных дисциплин. Показано, что степень освоения математических дисциплин оказывает существенное влияние на освоение студентами университета специальных дисциплин. Методика позволяет по статистическим данным действующего набора разрабатывать пути совершенствования качества изучения студентами учебных дисциплин будущих наборов.

Summary

On the basis of regression and variance analysis of exam results, the method of evaluation of the connection of mathematical disciplines with General scientific and special disciplines is proposed. The technique contains a stochastic model, algorithm and programs using MathCad package for constructing matrices of interconnection of exam scores. The choice of stochastic model is due to the great complexity of the educational process, which depends on a large number of factors. The real process of admission and training of students at the University is considered as a random process. But since it is not possible to describe it due to the great complexity, its sections are considered - the moments of passing the entrance (testing) and semester or two semester exams.

The model is considered as a functional device that produces complex transformations over the knowledge of students in the discipline, increasing their volume and increasing the degree of complexity. As a result of this transformation during the semester there are new knowledge, which are final for this semester and initial for the next

semester. The model is discrete, because it establishes a relationship between the final numbers of test scores (entrance exam admitted to the University) and the semester exam scores.

The model is stochastic, because the exam scores and test scores are values of a random variable, and the value of a random variable that characterizes the knowledge of higher mathematics, depends not only on the knowledge of elementary mathematics, but also on many factors of the educational process, which are not taken into account by the model.

The technique allows you to make the necessary adjustments to the study of the discipline for subsequent sets to the University.

Литература
References

Stephen A., (2008). Learning outcomes: Current Developments in Europe: Update on the Issues and Applications of Learning outcomes associated with the bologna process. Bologna Seminar: *Learning outcomes based higher education: the Scottish experience 21 - 22 February 2008, at Heriot-Watt University, Edinburgh, Scotland*. Retrieved from http://www.ond.vlaanderen.be/hogeronderwijs/bologna/BolognaSeminars/documents/Edinburgh

Герасименко, П.В., Благовещенская, Е.А., & Ходаковский, В.А. (2017). Математическое моделирование процесса изучения учебных многосеместровых дисциплин в технических вузах. *Известия Петербургского университета путей сообщения, 14*(3), *513-522.*

Вертешев, С.М., Герасименко, П.В., & Лехин, С.Н. (2017). Роль математики и информатики в подготовке инженеров для инновационной деятельности. *Материалы X Международной научно-методической конференции «Перспективы развития высшей школы», Гродно 4-5 мая 2017 г, 223-226.*

Герасименко, П.В. (2010). О целесообразности разрешения в вузе сформировавшегося на современном этапе противоречия методик преподавания элементарной и высшей математик. *Материалы VI Международной научно-методической конференции «Совершенствование математического образования в общеобразовательных школах, средних и высших профессиональных учебных заведениях», Тирасполь 29-30 сентября 2010 г, 26-31*

Герасименко, П.В. (2011). Основные причины снижения качества инженерного образования. *Сборник докладов участников XVII Академических чтений Международной академии наук высшей школы «Инженерное образование в России и государствах – участниках СНГ: проблемы и перспективы решения», 21–23 сентября 2011 г, Звенигород, 27-32.*

Герасименко, П.В., & Ходаковский, В.А. (2014). Алгоритм и программа построения корреляционной матрицы оценок по многосеместровым дисциплинам. *Сб. тр. Международной научно-методической конференции «Проблемы математической и естественно-научной подготовки в инженерном образовании», 2014г, Санкт-Петербург, 84-88.*

Хватцев, А.А. (2017). Домашняя контрольная работа как средство мониторинга формирования компетенций. *Вестник Псковского государственного университета. Серия «Естественные и физико-математические науки». Выпуск 10. 98-101*