

Актуальные вопросы высшего образования

DOI: [10.51635/27129926_2023_1_23](https://doi.org/10.51635/27129926_2023_1_23)



Использование практико-ориентированного принципа в процессе обучения студентов прикладной математике в техническом университете

**Бадак Бажена
Александровна**

старший преподаватель кафедры «Высшая математика»,
Белорусский национальный технический университет,
Беларусь, Минск
[badak.bazhena\[at\]jbk.ru](mailto:badak.bazhena[at]jbk.ru)

Аннотация. В статье рассмотрены проблемы развития математического моделирования в высшей технической школе, описываются основные пути реализации практико-ориентированного принципа в процессе преподавания дисциплины «Прикладная математика», приведены примеры практико-ориентированных технических задач для формирования профессиональных компетенций будущего инженера. Обоснована необходимость внедрения практико-ориентированного принципа в организацию учебного процесса по дисциплине «Прикладная математика» в техническом университете.

Ключевые слова: моделирование, профессиональные компетенции, практико-ориентированный подход, эвристическая беседа, «перевёрнутое» обучение, цифровизация образования.

Для цитирования: Бадак, Б. А. (2023). Использование практико-ориентированного принципа в процессе обучения студентов прикладной математике в техническом университете. *THEORIA: педагогика, экономика, право*, 4(1), 14–23. https://doi.org/10.51635/27129926_2023_1_23

The use of a practice-oriented principle in the process of teaching students applied mathematics at a technical university

Bazhena A. Badak

Senior Lecturer of the Department "Higher Mathematics"
Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus
[badak.bazhena\[at\]jbk.ru](mailto:badak.bazhena[at]jbk.ru)

Abstract. The article discusses the problems of the development of mathematical modeling in higher technical school, describes the main ways of implementing the practice-oriented principle in the process of teaching the discipline «Applied Mathematics», provides examples of practice-oriented technical tasks for the formation of professional competencies of a future engineer. The necessity of introducing a practice-oriented principle into the organization of the educational process in the discipline «Applied Mathematics» at a technical university is substantiated.

Keywords: modeling, professional competencies, practice-oriented approach, heuristic conversation, «inverted» learning, digitalization of education.

For citation: Badak, B. (2023). The use of a practice-oriented principle in the process of teaching students applied mathematics at a technical university. *THEORIA: Pedagogy, Economics, Law*, 4(1), 14–23. https://doi.org/10.51635/27129926_2023_1_23

Введение

В фундаментальной подготовке современного инженера математическое моделирование имеет особое значение. Государственным документом, регламентирующим требования к знаниям и умениям специалиста, к содержанию образования по конкретной специальности, является государственный образовательный стандарт высшего образования. В нем описаны требования к результатам обучения, представленные в форме совокупности компетенций (ключевых, общепрофессиональных), ориентированных на профессиональные стандарты и основанных на приоритете адекватности образовательных результатов потребностям общества и рынка труда (Республиканский институт профессионального образования). Одним из важнейших направлений в обучении математике в высшей школе является реализация его профессиональной направленности (Бадак, 2022, с. 16). В целях развития математических компетенций, необходимо как можно раньше закладывать основы поисковой деятельности в области профессиональных интересов, умения анализировать полученную информацию и адекватно ее использовать. Для этого требуется гармоничное сочетание теоретической и практической подготовки студентов (Борисова, 2021, с. 6). К выводу о необходимости обучения методам математического моделирования для формирования профессиональной компетентности студентов приходят в своих исследованиях и зарубежные ученые, такие как С. Bergsten (Bergsten, 2015, p. 980), D. Berlin (Berlin, 2005, p. 18), R. Drerher (Drerher, 2014, p. 434), P. Frejd (Frejd, 2016, p. 27), G. Greefrath (Greefrath, 2016, p. 120), C. Hankeln (Hankeln, 2019, p. 157), G. Kaiser (Kaiser, 2015, p.130) и др.

Обучение методам математического моделирования сочетает общую университетскую математическую подготовку с изучением и глубоким освоением современных пакетов прикладных программ. В связи с этим, в технических университетах большое внимание должно уделяться совершенствованию форм и методов преподавания дисциплин, связанных с математическим моделированием. К таким дисциплинам должны быть отнесены: высшая математика как средство фундаментализации базовых знаний будущего инженера; прикладная математика как средство реализации высшей математики в построении технических моделей; исследование операций, методы оптимизации, многомерный статистический и факторный анализ как разновидности профессиональных дисциплин, отражающих практическую направленность инженерной подготовки. Математическое моделирование, отмечает Е. Г. Евсеева, определяет важную роль в развитии технических возможностей, необходимых для проектирования и управления высокопроизводительными системами (Евсеева, 2018, с. 29).

Обсуждение

Исследуя процессы математической подготовки будущих инженеров, вопросы обучения математическому моделированию многими авторами рассматриваются с позиции профессионально направленного обучения, то есть предлагается интерпретация математического аппарата через внедрение прикладных технических задач. Однако роль математики в образовании инженеров можно рассматривать, по крайней мере, в двух аспектах: с одной стороны, инженеры должны уметь пользоваться методами математического моделирования и современным программным обеспечением для решения практических задач, с другой стороны – обучение математике

имеет большое значение для развития интеллекта, формирования математического компонента в структуре профессиональной компетентности. Основываясь на роли, которую играет математическое моделирование в науке, технике, производстве, нужно отметить, что в рамках инженерного образования цели обучения математическому моделированию должны быть обусловлены: ценностями инженерного образования в новых вызовах современности; общими целями высшего инженерного образования, основанными на профессиональных стандартах; концепцией обучения математическому моделированию будущих инженеров в условиях цифровизации высшего технического образования; принятыми методологическими подходами (деятельностный, системный, комплексный, личностно-ориентированный, компетентностный и др.).

Отметим, что основные цели обучения математике студентов технических направлений неразрывно связаны с формированием у них представления о связи математики с инженерным конструированием (Вечтомов, 2013, с. 59). Результат образовательного процесса по обучению студентов – будущих инженеров математическому моделированию существенно зависит от выбора методов обучения. Правильно подобранные методы способны благоприятно влиять на процесс обучения, ошибки или халатность преподавателя в данном вопросе, отмечает Е.А. Горбунова, понижают эффективность обучения (Горбунова, 2018, с. 197). Актуализируя потребности общества, практико-ориентированная подготовка получает сегодня свое новое развитие, что отражается в уточнении учеными и практиками системы профессионального образования сущности практико-ориентированного обучения (С. С. Полисадов и др.), его методологической основы (И. Ю. Калугина и др.), определения механизмов реализации практико-ориентированного обучения в современном вузе (Р. А. Аджимуллаева, О. В. Евтихов, А. В. Ермилов, А. Ю. Трояк, Д. С. Шапошник и др.). В своей работе под **практико-ориентированным подходом** в обучении будущих инженеров математическим дисциплинам будем понимать подход, определяющий направленность обучения математике на освоение студентами компетенций, имеющих прикладной технико-инженерный характер, необходимых для решения практических задач профессиональной деятельности специалистов, реализуемый путем проектирования и организации практико-ориентированной учебной деятельности студентов.

Многие научные и инженерные задачи в моделях прикладной математики, могут быть поставлены с точки зрения оптимизации, а именно поиска оптимального значения некоторой целевой функции путем изменения определенных параметров. Определения целевой функции и параметров зависят от самой постановки задачи. Например, можно минимизировать стоимость конструкции за счет оптимального выбора материалов. В большинстве реальных задач значимые значения параметров ограничиваются условиями, которые возникают из свойств системы или процесса, которые необходимо оптимизировать. Изучение математики дает в распоряжение инженера не только определенную сумму знаний, но и развивает в нем способность ставить, исследовать и решать самые разнообразные задачи. Иными словами, математика развивает мышление будущего инженера и закладывает прочный фундамент для освоения многих специальных технических дисциплин. Кроме того, именно с ее помощью лучше всего развиваются способности не только логического, но и образного мышления. В связи с вышеперечисленными факторами в обучении будущих

инженеров, различную профессионально-ориентированную интерпретацию основных видов и методов решения технических задач линейного программирования рассматриваем в процессе преподавания дисциплины «Прикладная математика» на различных факультетах и специальностях Белорусского национального технического университета. Приведём примеры таких практико-ориентированных задач (таблица).

Таблица
Table

Метод (вид) решения ЗЛП	Специальность	Примеры практико-ориентированных задач
Графический и симплексный методы решения ЗЛП.	«Инженерная экономика. Электроэнергетика и теплоэнергетика: 6-05-0718-01»	«Задача о поставке угля». На ТЭЦ привозят одним видом транспорта уголь их трёх рудников соответственно 60, 40, 15 ден. ед. за 1 кг. На разгрузку и складирование 1 т. угля с помощью рудника – 1 мин., из второго – 4 мин., из третьего – 3 мин. Разное время разгрузки объясняется различием затоваривания угля. Для того, чтобы без задержки удовлетворить потребность ТЭЦ, необходимо на разгрузку 20 т. угля, заказываемых ежедневно ТЭЦ, затрачивать не более 1 часа. Известно, что первый рудник может ежедневно поставлять не более 15 железнодорожного соединения требуется времени: из первого рт., второй – не более 10 т., третий – не более 7 т. угля. Сколько угля необходимо привозить на ТЭЦ из каждого рудника, чтобы общая стоимость поставки угля была минимальной?
	«Инженерная экономика. Транспорт: 6-05-0718-01»	«Задача об изготовлении транспортной продукции». Предприятие «Юнисон» изготавливает и реализует два вида медицинской техники – A_1 и A_2 . Для производства продукции используются два вида сырья – X и Y . Максимально возможные запасы сырья в сутки составляют 700 и 865 кг соответственно. Расход сырья на изготовление единицы каждого вида продукции и запасы сырья приводятся по вариантам. Изучение рынка сбыта показало, что суточный спрос на продукцию A_1 превышает спрос на продукцию A_2 не более, чем на 100 кг. Спрос на продукцию A_2 не превышает 350 кг в сутки. Розничная цена 1 кг продукции A_1 составляет 160 рублей, продукции A_2 – 140 рублей. Какое количество продукции каждого вида должно производить предприятие «Юнисон», чтобы доход от реализации продукции был максимальным?
	«Строительство транспортных коммуникаций. Автомобильные дороги: 7-07-0732-03»	«Задача о размещении звеносборочных баз при ведении укладки пути на определённых объектах». ОАО «Стройтрест №1 г. Минска», ведущий путеукладочные работы на рассредоточенных объектах с небольшими объёмами работ, имеет m звеносборочных баз, которые можно расположить на обслуживаемой территории. Планом предусмотрено n мест укладки пути с объёмами работ b_j ($j = 1...n$). Себестоимость сборки и укладки звеньев пути в зависимости от объёма сборки на базе составляет c_i ($i = 1...m$) ден. ед., стоимость перевозки 1 км звеньев пути от i -ой базы до j -го места укладки пути – t_{ij} ден.ед. Определить оптимальное размещение звеносборочных баз строительных трестов, т.е. такое размещение, при котором суммарные затраты на весь технологический комплекс путеукладочных работ будут минимальными.

Метод (вид) решения ЗЛП	Специальность	Примеры практико-ориентированных задач
	«Инженерная экономика. Бизнес-процессы промышленных предприятий: 6-05-0718-01»	« Задача об определении плана выпуска продукции предприятием ». Исходя из специализации и своих технологических возможностей предприятие «Белробот» может выпускать четыре вида продукции: микросхемы, подъёмно-транспортное оборудование, аккумуляторное оборудование, холодильное и компрессорное оборудование. Сбыт любого количества обеспечен. Для изготовления этой продукции используются трудовые ресурсы, полуфабрикаты и станочное оборудование. Общий объем ресурсов, расход каждого ресурса за единицу продукции приводятся по вариантам. Требуется определить план выпуска, доставляющий предприятию максимум прибыли. Выполнить послеоптимизационный анализ решения и параметров модели.
Транспортная задача	«Экономика и управление. Финансовое обеспечение и экономика боевой и хозяйственной деятельности войск: 6-05-0311-02»	« Задача об определении оптимального плана доставки боеприпасов ». Определить оптимальный (по минимуму суммарного расхода горючего) план доставки боеприпасов с артиллерийских складов в подразделения, если наличие и потребности боеприпасов, а также расход горючего на доставку одного БК с каждого склада в каждое подразделение задаются по вариантам.
	«Инженерная экономика. Электроэнергетика и теплоэнергетика: 6-05-0718-01»	В проектируемой системе электроснабжения имеются 2 узла источников питания и 2 узла потребителей. Мощности источников составляют $A_1=100$ и $A_2=50$, а мощности потребителей $B_3=90$ и $B_4=60$ е.м. Удельные затраты на передачу мощностей по линиям между узлами составляют $z_{12}=10$, $z_{13}=5$, $z_{14}=2$, $z_{23}=4$, $z_{24}=3$ и $z_{34}=2$ у.е./е.м. Найти оптимальную схему электрической сети.
	«Транспортная логистика. Транспортно-логистические системы и управление цепями поставок: 6-05-1042-01»	На трех складах A_1, A_2, A_3 находится 10, 15, 18 видов дизельных установок соответственно. Перевозка одного вида таких установок со склада A_1 в пункты г. Минска, г. Бреста, г. Гродно соответственно стоит a_1, b_1, c_1 денежных единиц. Перевозка одного вида дизельных установок со склада A_2 в пункты указанных городов соответственно стоит a_2, b_2, c_2 . Перевозка одного вида дизельных установок со склада A_3 в пункты г. Минска, г. Бреста, г. Гродно соответственно стоит a_3, b_3, c_3 . Необходимо доставить в пункты белорусских городов 8, 14 и 11 видов установок соответственно. По данным таблицы составить такой план перевозки дизельных установок, при котором транспортные расходы будут наименьшими.

Немаловажную роль играет эвристический подход при решении практико-ориентированных задач в высшей технической школе. Приведём фрагмент эвристической беседы, который использовался на лекции по теме «Решение задач оптимального управления». Например, студентам специальности «Мосты» факультета ФТК предлагалась задача.

Задача «Управление запасами». При строительстве моста длиной 500 м через водную преграду расходуются специальные тяжёлые из высокопрочной стали (130 кг/м). Срок сооружения моста – 130 суток, расход тяжёлых – равномерный. Тяжи

доставляются автомобилем грузоподъёмностью 5 т. Стоимость рейса, включающая погрузочно-разгрузочные работы, не зависит от числа доставляемых тяжёлых и равна 10 ден. ед. Издержки содержания тяжёлых обусловлены возведением склада при объекте и его эксплуатацией и составляют 0,625 ден. ед. за 1 т. тяжёлых в сутки. Определить оптимальный размер заказа, совокупные издержки, оптимальное число заказов, время между заказами. Если автомобиль загружать полностью, как изменятся совокупные издержки?

Для решения данной задачи лектор может организовать эвристический диалог (П – фразы преподавателя, С – предполагаемые ответы студентов):

П: Как вы считаете, можем ли мы условие задачи перевести на язык математики? Какую математическую модель задачи мы можем построить?

С: Да. Мы можем построить целевую функцию, описывающую совокупные издержки на заказ и содержание тяжёлых.

П: Как Вы можете записать данную модель с помощью математического аппарата? Какие обозначения переменных имеет смысл ввести?

С: Пусть Q – размер заказа тяжёлых, T – протяженность периода планирования строительства, D – величина спроса за период планирования, K – издержки заказа, h – удельные издержки хранения 1 т тяжёлых в сутки.

П: Какой вид будет принимать целевая функция, описывающая совокупные издержки на заказ и содержание тяжёлых?

$$\text{С: } C = \frac{D}{Q} K + \frac{Q}{2} H \rightarrow \min.$$

П: Какие ограничения будут «накладываться» на целевую функцию?

С: Условие выполнения заказа $Q > 0$; условие стоимости рейса $K = \text{const}, K > 0$; условие наличия темпа спроса $D = \text{const}, D > 0$; время доставки тяжёлых $L_{\tau_i} = 0, i = 1 \dots N$.

П: На какую простейшую модель оптимального размера заказа напоминает данная математическая модель?

С: Модель Уилсона.

П: Можете ли Вы найти расход тяжёлых на срок строительства?

$$\text{С: Да. } D = 500 \text{ м} \cdot 130 \frac{\text{кг}}{\text{м}} = 65000 \text{ кг} = 65 \text{ т}.$$

П: Известно ли Вам, по каким формулам необходимо рассчитывать оптимальный размер заказа, оптимальное время между заказами, оптимальное число заказов в течение срока сооружения?

С: Оптимальный размер заказа: $Q^* = \sqrt{\frac{2DK}{H}} = \sqrt{\frac{2DK}{hT}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 65 \cdot 10}{0,625 \cdot 130}} = 4 \text{ т}$. Оптимальное время между заказами: $t = \frac{Q^*}{d} = \frac{Q^*}{D/T} = \frac{4}{65/130} = 8 \text{ сут}$. Оптимальное число заказов в течение срока сооружения: $N = \frac{D}{Q^*} = \frac{65}{4} = 16,25$, то есть 16 или 17 заказов.

П: Можно ли графически представить динамику изменения количества тяжёлых на складе в модели Уилсона?

С: Да. Графически динамика выглядит следующим образом (рис. 1):

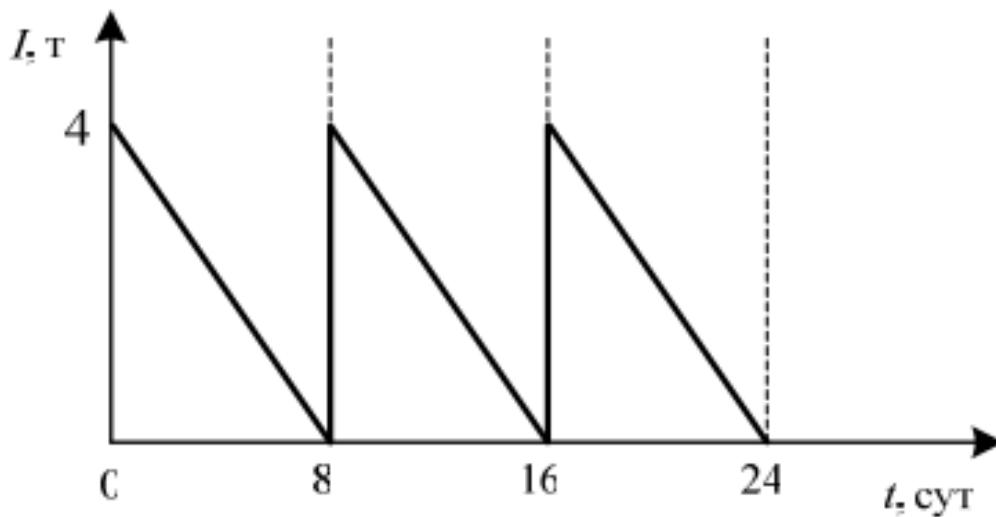


Рис. 1

Fig. 1

П: По какой формуле Вы планируете находить минимальные издержки на заказ и на содержание тяжей?

$$\mathbf{C:} C^* = \frac{D}{Q}K + \frac{Q}{2}H = \frac{D}{Q}K + \frac{Q}{2}hT = \frac{65}{4} \cdot 10 + \frac{4}{2} \cdot 0,625 \cdot 130 = 325 \text{ ден.ед.}$$

П: Изменились бы минимальные издержки на заказ и на содержание тяжей, если бы автомобиль загружался полностью?

С: Да, на 2,5% больше минимальных. То есть,
 $C = \frac{D}{Q}K + \frac{Q}{2}H = \frac{D}{Q}K + \frac{Q}{2}hT = \frac{65}{5} \cdot 10 + \frac{5}{2} \cdot 0,625 \cdot 130 = 333,125 \text{ ден.ед.}$

Важно отметить, что преимуществом эвристической беседы является максимальное невмешательство педагога в процесс познания, анализа и решения поставленной задачи. В результате такого взаимодействия студент самостоятельно овладевает необходимыми навыками решения подобных задач, основываясь исключительно на личном опыте.

В настоящее время с появлением цифровой дидактики активно обсуждается проблема применения такой организационной формы как перевернутое обучение. В цифровых технологиях школьного обучения XXI века появилось понятие перевернутый класс, как смешанная форма обучения, при которой учитель предоставляет материал для самостоятельного изучения дома, а на очном занятии проходит практическое закрепление материала (Post, 2019, p. 347). В качестве примера остановимся на организации одной из тем в виде перевернутого обучения, применяемой нами по дисциплине «Прикладная математика» для студентов направления подготовки «Инженерная экономика. Электроэнергетика и теплоэнергетика: 6-05-0718-01».

Лекцию студентам по теме «Обработка экспериментальных данных» предлагалось изучить самостоятельно, она представлена в дистанционном курсе, созданном в среде Classroomgoogle «Прикладная математика». Студенты должны были проработать лекционный материал, ответить на ряд вопросов, которые проверят их сознательное погружение в изучаемую тему. Вопросы для студентов следующие:

- Что входит в задачу математического моделирования?
- Что такое модель?
- Какая модель считается адекватной?

- Чем отличаются динамические модели от статических?
- Назовите наиболее известный метод построения эмпирических зависимостей.
- Какая задача называется задачей аппроксимации?
- Как определить вид приближающей функции?
- Приведите уравнение регрессии y на x .
- Как получить решение задачи о вычислении коэффициентов аппроксимирующего полинома с помощью метода наименьших квадратов?
- Как реализуется метод наименьших квадратов в системе Mathcad?
- В чем состоит задача регрессионного анализа?
- Как реализуется линейная регрессия в системе Mathcad?
- Как реализуется полиномиальная регрессия в системе Mathcad?
- Как реализуется обобщенная регрессия в системе Mathcad?
- Как реализуется нелинейная регрессия общего вида в системе Mathcad?

На основании обсуждения и представленных примеров студенты в аудитории начинали выполнять лабораторную работу для получения навыков обработки экспериментальных данных методами аппроксимации с применением системы Mathcad.

Не менее важным в высшей технической школе является формирование знаний студентов об основных этапах экспериментального метода. Вначале будущие инженеры проводят учебные эксперименты в рамках изучения фундаментальных дисциплин, затем при обучении профессиональным предметам и, наконец, обращаются к исследовательским экспериментам в научно-исследовательской работе. Так, например, студенты специальности «Экономика и управление: 6-05-0311-02» факультета технологий управления и гуманитаризации под руководством преподавателя участвовали в разработке стратегий рационально-инновационного проекта на предприятии «Спартак». Во время работы над проектом студентами оценивались стратегические альтернативы реализации выбранного инновационного проекта, который мог быть внедрен двумя способами – производство нового продукта или модернизация уже имеющегося продукта. Реализация, как нового, так и модернизированного продукта была возможна с использованием двух альтернативных стратегий: стратегия последовательного вывода продукта на рынок и стратегия одновременного вывода продукта на рынок. Вследствие этого был проведен анализ стратегических альтернатив реализации инновационного продукта. Для проведения анализа результатов был использован метод дерева принятия решений. На основании расчетных значений чистого приведенного дохода по критерию максимального значения к реализации рекомендовалась стратегическая альтернатива «2» – производство совершенно нового продукта и последовательный вывод продукта на рынок относительно предприятия «Спартак».

Заключение

Один из этапов проведения педагогического эксперимента в процессе преподавания дисциплин «Экономико-математические методы и модели», «Прикладная математика» был направлен на апробацию, уточнение и внедрение практико-ориентированного подхода при обучении студентов экономико-математическим методам и моделям. При этом в экспериментальных группах в процессе организации учебной деятельности студентов по данным дисциплинам использовались интерактивные методы цифровой дидактики (эвристические методы, игровые, методы проблемного

обучения), традиционные организационные формы обучения прикладной математике совмещались с гибридной и смешанной формами обучения. В процессе изучения дисциплины «Прикладная математика» нами в группах ЭГ и КГ проведена контрольная тестовая работа на определение уровня владения математическими и цифровыми компетенциями. При выполнении тестовой работы проверялся уровень учебных достижений студентов по прикладной математике, который соответствует приобретенным студентами математическим компетенциям: математического мышления; математического рассуждения; математического обобщения; символизации и формализации; коммуникативная компетенция; инструментальная компетенция; компетенция моделирования и др. Кроме того, при проведении данной работы учитывались умения составлять экономико-математические модели к определённым практико-ориентированным задачам. Результаты выполнения текущей тестовой работы представлены на рисунке 2 (рис. 2). Обработку результатов данного этапа эксперимента проводили с помощью критерия однородности χ^2 , в случае, когда использовалась порядковая шкала с различными баллами. Для данного этапа эксперимента мы получили $\chi^2 = 6,62 > 5,99$, что свидетельствует о достоверности различий характеристик сравниваемых выборок, а именно экспериментальной и контрольной групп, и составляет 95%.

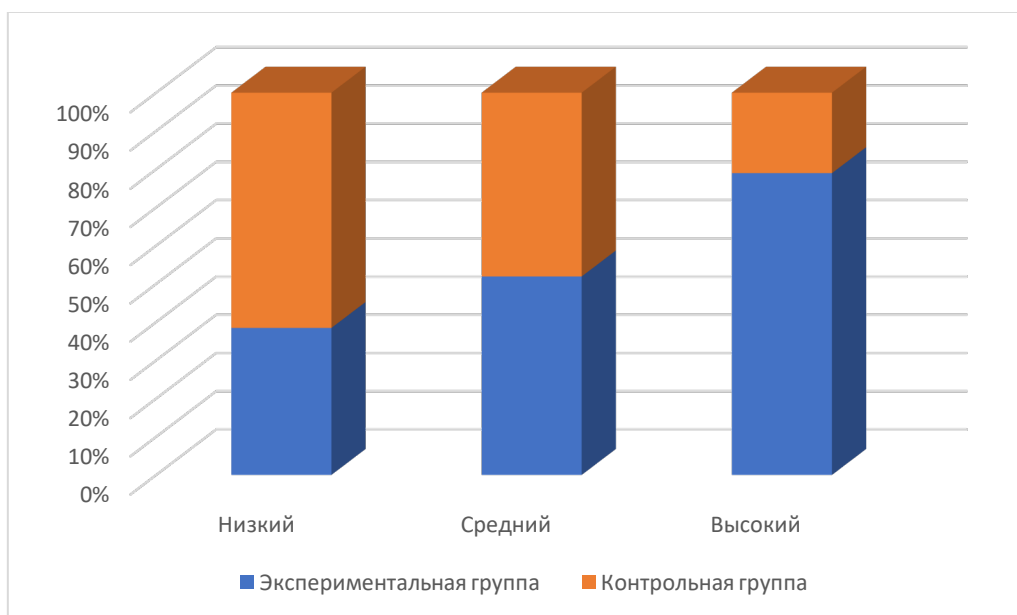


Рис. 2. Результаты выполнения итоговой контрольной работы по прикладной математике в КГ и ЭГ (уровень учебных достижений студентов, %)

Fig. 2. The results of the final test in applied mathematics in the CG and the EG (the level of educational achievements of students, %)

Кроме того, анкетирование студентов на выявление их отношения к необходимости изучения математического моделирования для использования его в будущей профессиональной деятельности показало, что эффект изменений обусловлен именно применением практико-ориентированного принципа в процессе обучения студентов экономико-математическим методам и моделям в высшей технической школе. Уровень мотивации к изучению экономико-математических методов и моделей с использованием практико-ориентированного принципа значительно выше у экспериментальной группы студентов, чем у контрольной группы.

Важно отметить, математическое моделирование является основополагающим компонентом в прикладных исследованиях системной инженерии, основным путем передачи методологии математических наук. Приложения математического моделирования используются во многих аспектах производственного цикла, являясь технологической базой современного инженера. Внедрение практико-ориентированного принципа в учебный процесс позволяет получить современного комплексного специалиста «нового формата», владеющего вопросами современной прогрессивной инженерии, робототехники, аддитивными технологиями математики, прикладной математики, математического моделирования, программирования и автоматизации сложных математических методов.

Литература

- Республиканский институт профессионального образования. *Образовательные стандарты* (2023). Минск. Получено из <https://ripo.by/index.php?id=3202>
- Бадак, Б.А. (2022). *К вопросу преподавания математики в высшей школе на основе эвристического конструирования*. Исторические и психолого-педагогические науки: сб. науч. статей. – Минск: РИВШ, Вып.22, ч.4, 16–23.
- Борисова, Е. В. (2021). Актуализация теоретического обучения через модельное проектирование. *The Scientific Heritage*, 4(72), 6–20.
- Евсеева, Е. Г. & Попова, С. С. (2018). *Математическое моделирование в профессионально ориентированном обучении математике будущих химиков*. Дидактика математики: проблемы и исследования: междунар. сб. научных работ. Вып. 48, 28–36.
- Вечтомов, Е. М. (2013). *Философия математики*. Киров: Радуга-ПРЕСС.
- Горбунова, Е. А. & Краснопахтова, Л. И. (2018). Дидактические методы обучения. *Вопросы науки и образования*, 7, 197–199.
- Bergsten, C., Engelbrecht, J. & Kagesten, O. (2015). Conceptual or procedural mathematics for engineering students – views of two qualified engineers from two countries. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 46(7), 979–990.
- Berlin, D. F. & Lee, H. (2005). Integrating science and mathematics education: Historical analysis. *School Science and Mathematics*, 105(1), 15–24.
- Dreher, R. & Kammasch, G. (2014). Engineering Education in the 21st Century. *International Conference on Collaborative Learning (ICL)*, 432–435.
- Frejd, P. & Bergsten, C. (2016). Mathematical modelling as a professional task. *Educational Studies in Mathematics*, 91, 11–35.
- Greefrath, G. & Vorhölter, K. (2016). *Teaching and learning mathematical modelling: Approaches and developments from German speaking countries*. Berlin.
- Hankeln, C., Adamek, C. & Greefrath, G. (2019). Assessing Sub-competencies of Mathematical Modelling Development of a New Test Instrument. *Lines of inquiry in mathematical modelling research in education*, 143–160.
- Kaiser, G. & Brand, S. Modelling competencies: Past development and further perspectives. *Mathematical modelling in education research and practice*, 129–149.
- Post, L. S., Guo P., Saab, N. & Admiraal, W. (2019). Effects of remote labs on cognitive, behavioral, and affective learning outcomes in higher education. *Computers & Education*, 140, 343–351.

References

- Badak, B. A. (2022). *On the issue of teaching mathematics in higher school on the basis of heuristic construction. Historical and psychological and pedagogical sciences: collection of scientific articles.* – Minsk: RIBSH, Issue 22, part 4, 16-23.
- Berlin, D. F. & Lee, H. (2005). Integrating science and mathematics education: Historical analysis. *School Science and Mathematics*, 105(1), 15–24.
- Borisova, E. V. (2021). Actualization of theoretical training through model design. *The Scientific Heritage*, 4(72), 6–20. (In Russian).
- Bergsten, C., Engelbrecht, J. & Kagesten, O. (2015). Conceptual or procedural mathematics for engineering students – views of two qualified engineers from two countries. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 46(7), 979–990.
- Dreher, R. & Kammasch, G. (2014). Engineering Education in the 21st Century. *International Conference on Collaborative Learning (ICL)*, 432–435.
- Evseeva, E. G. (2018). *Mathematical modeling in professionally oriented teaching of mathematics to future chemists.* Didactics of mathematics: problems and research: international collection of scientific papers. Issue 48, 28-36. (In Russian).
- Frejd, P. & Bergsten, C. (2016). Mathematical modelling as a professional task. *Educational Studies in Mathematics*, 91, 11–35.
- Gorbunova, E. A. Didactic methods of teaching (2018). *Questions of science and education*, 7, 197-199. (In Russian).
- Greefrath, G. & Vorhölter, K. (2016). *Teaching and learning mathematical modelling: Approaches and developments from German speaking countries.* Berlin.
- Hankeln, C., Adamek, C. & Greefrath, G. (2019). Assessing Sub-competencies of Mathematical Modelling Development of a New Test Instrument. *Lines of inquiry in mathematical modelling research in education*, 143–160.
- Kaiser, G. & Brand, S. Modelling competencies: Past development and further perspectives. *Mathematical modelling in education research and practice*, 129–149.
- Post, L. S., Guo P., Saab, N. & Admiraal, W. (2019). Effects of remote labs on cognitive, behavioral, and affective learning outcomes in higher education. *Computers & Education*, 140, 343–351.
- Republican Institute of Vocational Education. *Educational standards* (2023). Minsk. Retrieved from <https://ripo.by/index.php?id=3202> (In Russian).
- Vechtomov, E. M. (2013). *Philosophy of Mathematics.* Raduga-PRESS. (In Russian).