

ПРИЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОБИЛЬНОСТИ БУДУЩИХ ИНЖЕНЕРОВ НА ЗАНЯТИЯХ ПО ВЫСШЕЙ МАТЕМАТИКЕ

Methods of Forming Mathematical Mobility of Future Engineers in Higher Mathematics Classes

Irina Khomyuk

Vinnytsia National Technical University, Ukraine

Svetlana Kyrylashchuk

Vinnytsia National Technical University, Ukraine

Victor Khomyuk

Vinnytsia National Technical University, Ukraine

Zlata Bondarenko

Vinnytsia National Technical University, Ukraine

Iryna Klieopa

Vinnytsia National Technical University, Ukraine

Abstract. *Continuous education today is a major feature of modern society. In order to ensure the competitiveness of future professionals who obtain higher education within the walls of the Institutions of Higher Education, the education process should be aimed at ensuring a high level of professional knowledge as well as the formation of graduates' adaptability to changeable modern production. Since for a future engineer knowledge of higher mathematics is the basis for solving complex problems of a production nature, it can be argued that they are part of professional mobility. The implementation of technologies for the formation of professional mobility in higher mathematics has made it possible to note that the readiness to change activities can be considered not only in the context of changing professional activity, but also in the process of students' educational activity. And this, in turn, made it possible to determine the «mathematical mobility».*

The purpose of the article is to theoretically substantiate and practically test the methods of forming mathematical mobility of future engineers in higher mathematics classes. The experiment used competency-oriented tasks, test tasks in higher mathematics, built on the basis of Bloom's taxonomy, developed interactive methods for conducting practical classes in the process of studying higher mathematics. The results of the experiment showed the effectiveness of the proposed innovative technologies in the process of fundamental training of future engineers.

Keywords: *higher mathematics, competence-oriented tasks, future engineer, mathematical mobility, professional mobility.*

Введение ***Introduction***

Непрерывное образование сегодня является основным признаком современного общества. Для обеспечения конкурентоспособности будущих специалистов, получающих высшее образование в стенах вузов, образовательный процесс должен быть направлен как на обеспечение высокого уровня профессиональных знаний, так и на формирование адаптированности выпускников к современному производству, которое постоянно меняется. Будущие специалисты должны чётко осознавать, что полученных знаний в университете не хватит на построение успешной профессиональной карьеры, то есть нужно постоянно пополнять и обновлять свои профессиональные знания и умения. Именно развитие мобильности и адаптированности личности являются основными требованиями профессионального образования, обусловленные вхождением Украины в Болонский процесс. Поскольку для будущего инженера знания по высшей математике составляют основу для решения сложных задач производственного характера, то можно утверждать, что они являются составляющей профессиональной мобильности.

Цель статьи – теоретически обосновать математическую мобильность и предложить приемы ее формирования, изучить готовность студентов реализовывать математическую деятельность как составляющую математической мобильности на занятиях по высшей математике.

Для достижения цели были реализованы следующие задачи: 1) раскрыта сущность математической мобильности; 2) охарактеризованы компоненты математической мобильности; 3) апробированы приемы формирования математической мобильности будущих инженеров на занятиях по высшей математике.

Методы исследования: *теоретические* – изучение, обобщение и анализ научной литературы по профессиональной мобильности;

эмпирические – диагностические методы (наблюдение, анкетирование, тестирование) с целью получить представление о готовности студентов успешно реализовывать математическую деятельность как составляющую математической мобильности;

статистические – методы статистического анализа для преобразования эмпирических данных в количественные показатели.

Теоретическая основа темы ***The Theoretical Background***

Теоретический анализ научных источников показывает, что основой для решения проблемы развития профессиональной мобильности служат исследования, связанные с идеей формирования нового поколения специалистов и научного осмысления проблемы мобильности.

Некоторые аспекты феномена профессиональной мобильности освещены в педагогических исследованиях Zymniaia Y. A. по проблеме формирования профессиональной компетентности специалистов различных направлений подготовки, и именно профессиональная мобильность рассматривается как одна из важных составляющих профессиональной компетентности (Zymniaia, 2004).

Piletska L.S. на основе обобщения мнений авторов педагогики и психологии отмечает подход к профессиональной мобильности как уровню психологической готовности специалистов к деятельности в условиях динамичного общества (Piletska, 2015).

Идея рассматривать профессиональную мобильность как интегрированное качество личности принадлежит Ivanchenko Ye. A. (Ivanchenko, 2004).

Ссылаясь на точки зрения других ученых Sushentseva L. L. осуществила исследования профессионального самовыражения и самосовершенствования личности, готовности к профессиональной деятельности (Sushentseva, 2011).

Согласимся с Yhoshev B. относительно того, что профессиональная мобильность – это сложное интегрированное качество личности, которое проявляется на двух уровнях: как конкретная форма или вид деятельности, что позволяет характеризовать человека как профессионально мобильного («внешняя» мобильность) и как совокупность определенных личностных качеств человека («внутренняя» мобильность) (Yhoshev, 2008).

Как отмечает Kaplina S. (Kaplina, 2008), профессиональная мобильность, которая является синтезом базовых компонентов (ключевые компетенции и квалификации) профессиональной культуры и профессиональной компетентности (креативные способности, профессионализм) – интегративная характеристика готовности инженера к успешной адаптации в условиях производства.

Процесс формирования профессиональной мобильности будущего инженера берет свое начало именно на первых курсах обучения в вузах. Следовательно, именно преподаватели фундаментальных дисциплин должны заложить ее первое звено – основу, которая будет базовым уровнем для дальнейшего развития.

На основе научных разработок (Khomyuk, 2017) можно сделать вывод, что ключевым в понятии профессиональная мобильность является способность личности быстро переключаться на смежный вид деятельности в пределах своей специальности, что в свою очередь, требует: постоянно повышать свое образование и квалификацию; быстро осваивать технические средства, технические процессы; умение быстро ориентироваться в ситуации; способность быстро реагировать на социально-экономические изменения благодаря профессиональной компетентности.

Внедрение технологий формирования профессиональной мобильности на занятиях по высшей математике позволило отметить, что готовность к изменению деятельности можно рассматривать не только в контексте изменения профессиональной деятельности, но и в образовательном процессе. Это позволило определить «математическую мобильность» как: 1) способность быстро актуализировать и воспроизводить нужную математическую информацию, устанавливать связи между новыми и усвоенными знаниями и переключаться или изменять вид математической деятельности в процессе решения математических задач; 2) готовность оперативно выбрать и реализовать оптимальные способы (методы, приемы) выполнения соответствующего класса математических задач; 3) владение высоким уровнем математических знаний, опытом их совершенствования и самостоятельного получения; 4) умение эффективно использовать систему обобщенных математических приёмов для решения любых математических задач, и в том числе прикладных; 5) сравнительно легко переходить от одного вида математической деятельности к другому, соответственно анализу математической задачи (Khomyuk, 2015).

Методы, организация и результаты исследования ***Methodology, Organization and Results of the Research***

Анализ исследований проблемы математического образования в техническом университете и собственный педагогический опыт позволил определить противоречие между объективной необходимостью внедрения и применения математических методов в процессе обучения специальных и технических дисциплин и недостаточной разработкой методик, технологий реализации этих методов в образовательном процессе. Возникает необходимость перестройки и переосмысления целей, содержания, методов и организационных форм обучения математическим дисциплинам в техническом университете, что позволит адаптировать будущих инженеров к современным требованиям общества и позволит использовать им математический аппарат в процессе своей научной и профессиональной

деятельности.

Это определило цель нашего экспериментального исследования – изучение готовности студентов реализовывать математическую деятельность как составляющую математической мобильности.

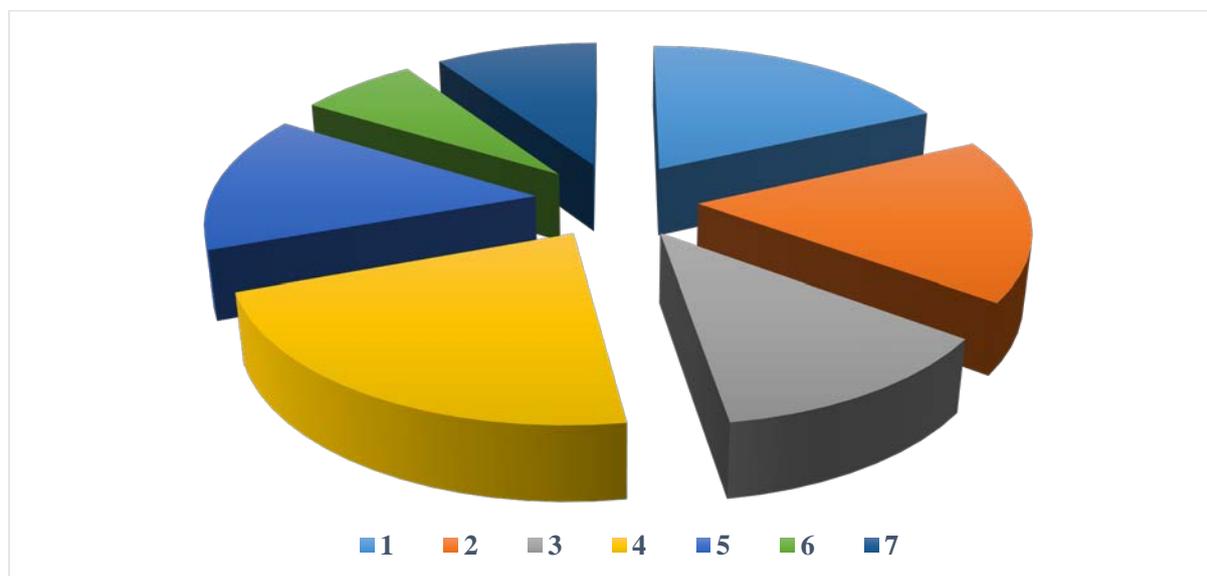
Мы считаем, что готовность студентов успешно реализовывать математическую деятельность как составляющую математической мобильности состоит из: психологической готовности, теоретической готовности (интеллектуальные, когнитивные компоненты), практической готовности, готовности к дальнейшему математическому самосовершенствованию (Khomyuk, 2017).

Экспериментом было охвачено 205 студентов 2 курса специальности 121 «Инженерия программного обеспечения» и специальности 122 «Компьютерные науки» бакалавриата Винницкого национального технического университета факультета информационных технологий и компьютерной инженерии.

С целью получить более четкое представление о готовности студентов успешно реализовывать математическую деятельность как составляющую математической мобильности, нами было проведено анкетирование респондентов после изучения темы «Кратные интегралы». Получены такие результаты:

1. Могу быстро переключаться от вычисления интегралов к построению области интегрирования, которая требует построения кривых (границ интегрирования) – 48%.
2. Готов оперативно выбрать и реализовать оптимальные методы интегрирования, необходимые для вычисления данного интеграла – 45%.
3. Готов проанализировать полученную область интегрирования и сделать вывод относительно разбиения ее на части, в случае необходимости – 33%.
4. Готов найти координаты точки пересечения прямых, ограничивающих область интегрирования, решив систему соответствующих уравнений, то есть проявить умение эффективно использовать систему сложившихся математических приемов к решению соответствующего класса задач – 58%.
5. Обладаю высоким уровнем знаний по теме функции многих переменных и методов интегрирования и сравнительно легко перехожу от одного вида деятельности к другому – 38%.
6. Готов продолжить углубленное изучение данного раздела – 18%.
7. Готов сделать правильный вывод относительно полученного решения (прикладная задача) – 25%.

Для наглядности полученных результатов построим соответствующую диаграмму.



*Рисунок 1. Диаграмма результатов опрашивания студентов
Figure 1 Diagram of the «Zero Control» Work Results*

Результаты диагностики позволяют констатировать тот факт, что только 18% опрошенных студентов, готовы продолжить углублённое изучение данного раздела, они не видят целесообразности, не осознают практического применения в будущей профессиональной деятельности.

Таким образом, считаем, что результаты проведенного исследования позволяют утверждать, что математическая мобильность, которая является составляющей профессиональной мобильности будущего специалиста информационных технологий и компьютерной инженерии требует дальнейшего формирования.

Приведем некоторые приёмы формирования математической мобильности будущих инженеров на занятиях по высшей математике.

1. Использование компетентностно ориентированных задач является одним из приемов формирования математической мобильности будущих инженеров. Такие задачи включают в себя содержание и технологии обучения высшей математике, преподавание и оценку качества математической подготовки студентов в процессе обучения в вузах.

Проанализировав Standart vishhoї osviti Ukraїni (2019), а именно образовательно-профессиональные программы (ОПП) I (бакалаврского) уровня высшего образования, отрасль знаний «Информационные технологии» специальности 122 «Компьютерные науки» выделим те компетентности, которые касаются нашего исследования. То есть те, что

развиваются путем применения понятия «математическая мобильность».

Интегральная компетентность ОПП: способность решать сложные специализированные задачи и практические проблемы в области компьютерных наук или в процессе обучения.

Общие компетентности (ОК): ОК01. Способность абстрактно мыслить, анализировать и синтезировать. ОК02. Способность применять знания в практических ситуациях. ОК08. Способность генерировать новые идеи (креативность).

Специальные (профессиональные) компетентности (СК): СК01. Способность математически формулировать и исследовать непрерывные и дискретные математические модели, обосновывать выбор методов и подходов решения теоретических и прикладных задач в области компьютерных наук, анализа и интерпретации. СК03. Способность логически мыслить, строить логические выводы. СК04. Способность использовать современные методы математического моделирования объектов, процессов и явлений, разрабатывать модели и алгоритмы численного решения задач математического моделирования, учитывать погрешности приближенного численного решения профессиональных задач. СК15. Способность анализировать и функционально моделировать бизнес-процессы, строить и практически применять функциональные модели организационно-экономических и производственно-технических систем, методов оценки рисков их проектирования.

Например, для обеспечения ОК01 мы предлагаем использовать задания типа: Найдите дифференциал функции $y = 2x^3 - x^2 + 5x - 1$ двумя способами: а) как главную линейную часть прироста функции; б) с помощью производной. Сравните полученные результаты. Могут ли они оказаться разными? (Klochko, Bondarenko & Kyrylashchuk, 2019) .

Для обеспечения СК15 рассмотрим пример.

В процессе изучения раздела «Аналитическая геометрия» целесообразно рассмотреть примеры анализа убыточности и прибыльности производства, рентабельности транспортных перевозок, соотношения между затратами труда и производственных фондов, которые выражаются линиями первого и второго порядков. В частности, если общие расходы $TC(X)$ и общий доход $TR(X)$ линейно зависят от объема x изготовленной продукции: $TC(X) = k_1x + b_1$, $TR(X) = k_2x$, то точка перехода от убыточности к прибыльности определяется решением уравнения $TC(X) = TR(X)$ и есть точкой пересечения прямых, которые отображают зависимость расходов и доходов от объема продукции (Bondarenko & Kyrylashchuk, 2017).

В процессе обучения высшей математике компетентно-ориентированные задачи выступают в роли технологического инструмента реализации компетентностного подхода, обеспечивают положительную установку на математическую деятельность. В основе разработанных авторами (Khomyuk, V. & Khomyuk, I., 2017) компетентно-ориентированных задач лежат элементами таксономии Блума. Например:

1. Имеет ли смысл выражение $\left[(\vec{a} + (\vec{b}, \vec{c}), \vec{d}), (\vec{a} - \vec{b}) \right]$? Обосновать.

2. Самостоятельно выберите исходные данные в указанной задаче векторной алгебры и решите её двумя способами. Выберите оптимальное решение и оцените значимость (целесообразность, недостатки методов).

Дано: $\vec{x} \perp \vec{a} = \{1; 2; 1\}$, $\vec{x} \perp \vec{b} = \{-1; 3; 2\}$, $\angle(\vec{x}, oy)$ – тупой, $\Rightarrow x_2 < 0$, $|\vec{x}| = 2$. Найти: $\vec{x} = \{x_1; x_2; x_3\}$.

2. Использование тестовых заданий по высшей математике, которые построены на основе таксономии Блума, ключевые элементы которой: знания, понимание, применение, анализ, синтез, оценка.

Например:

Выбрать истинные утверждения:

- 1) если последовательность монотонная, тогда она сходящаяся;
- 2) если последовательность сходящаяся, тогда она ограниченная;
- 3) если последовательность ограниченная, тогда она сходящаяся;
- 4) если последовательность монотонная и ограниченная, тогда она сходящаяся.

а) 2 и 4; б) 1 и 3; в) только 4; г) только 2; д) только 3.

3. Использование интерактивных технологий на занятиях по высшей математике. На таких занятиях проявляется способность студентов проявлять творческую инициативу, они отходят от шаблонов, генерируют оригинальные идеи, принимают самостоятельные решения, осуществляют собственный выбор того или иного решения задачи и доказывают его оптимальность.

После использования предложенных приемов формирования математической мобильности будущих инженеров на занятиях по высшей математике нами была проведена комплексная контрольная работа для студентов двух групп второго курса специальности 121 «Инженерия программного обеспечения» и 122 «Компьютерные науки» факультета информационных технологий и компьютерной инженерии, причем в одном потоке на занятиях использовались указанные методы. Контрольная работа содержала 5 компетентно-ориентированных и 5 тестовых заданий. Результаты представлены в табл.1.

Таблиця 1. Результати написання комплексної контрольної роботи
Table 1 Complex Test Results

група	кількість завдань (N)	правильно розв'язані завдання (n ₁)	неправильно розв'язані завдання (n ₂)	p _k	p _э	d	S _{p_k}	S _{p_э}	S _d	t _α
ЕГ (25)	250	200	50		0,8			0,025		
КГ (25)	250	115	135	0,46		0,34	0,031		0,039	9

Совокупность ответов можно охарактеризовать такими статистическими характеристиками:

- 1) математическим ожиданием \bar{X} (средним арифметическим числа ответов), которое характеризует вероятность (частоту) появления того или иного признака, то есть $\bar{X} = p$;
- 2) дисперсией σ^2 (Brandt, 1970), которая вычисляется по формуле 1:

$$\sigma^2 = pq \quad (1)$$

- 3) средним квадратическим отклонением s (Brandt, 1970), которое вычисляется по формуле 2:

$$s = \sqrt{\sigma^2} = \sqrt{pq} = \sqrt{p(1-p)} \quad (2)$$

Обозначим через d разницу математических ожиданий ответов экспериментальной и контрольной групп:

$$d = \bar{X}_э - \bar{X}_k, \quad (3)$$

где $\bar{X}_э$ – математическое ожидание ответов экспериментальной группы;

\bar{X}_k – математическое ожидание ответов контрольной группы.

Так как $\bar{X} = p$, то разность математических ожиданий определи по формуле 4:

$$d = p_э - p_k, \quad (4)$$

где $p_э = \frac{n_{1э}}{N_{э}}$ и $p_k = \frac{n_{1k}}{N_k}$ – частоты правильных решений экспериментальной и контрольной групп соответственно;

$n_{1э}, n_{1к}$ – количество правильных решений в экспериментальной и контрольной группах;

$N_э, N_к$ – общее количество предложенных заданий соответственно в экспериментальной и контрольной группах.

В нашем случае, разность математических ожиданий ответов $d = 0,8 - 0,46 = 0,34 > 0$, что позволяет констатировать эффективность предложенных приёмов обучения.

Средняя погрешность разницы d (Brandt, 1970) вычисляется по формуле 5:

$$S_d = \sqrt{S_{pэ}^2 + S_{pk}^2}, \quad (5)$$

где $S_{pэ}, S_{pk}$ – средняя погрешность определения математического ожидания распределения ответов соответственно для экспериментальной и контрольной групп.

При этом средняя погрешность S_p (Brandt, 1970) определения математического ожидания распределения ответов определяется по формуле 6:

$$S_p = \sqrt{\frac{p(1-p)}{N}}, \quad (6)$$

где p – частота появления правильных решений;

N – общее количество заданий.

Для оценки достоверности полученной разности (Brandt, 1970) используем формулу 7:

$$t_\alpha = \frac{P_э - P_к}{S_d}. \quad (7)$$

По таблице Стьюдента (Brandt, 1970) находим, что при числе степеней свободы $k = 25 - 1 = 24$ найденное значение коэффициента $t_\alpha = 9$ будет случайно превышать табличное значение $t_\alpha^* = 3,8$ с вероятностью 0,01. Это значит, что вероятность достоверности α полученной разности d математических ожиданий ответов экспериментальной и контрольной групп будет равна 0,999.

Можно констатировать, что предложенные нами приемы формирования математической мобильности эффективны, а именно, показатель успеваемости выполнения комплексной контрольной работы в экспериментальной группе на 34% выше, чем контрольной.

Обобщение Conclusions

Таким образом, будущий инженер, обладающий сформированной математической мобильностью, отличается умением быстро выбирать оптимальное решение из многих, проявлять критичность по отношению к неэффективным действиям, постоянно обновлять свой опыт, быть способным к рефлексии. Профессиональное становление будущего инженера предполагает сложный процесс развития и саморазвития его личности: умственной активности, способности анализировать, стремление получать знания, что необходимы для качественного выполнения профессиональной деятельности. В процессе решения компетентно ориентированных задач формируется компетентность специалиста, способного работать в непростых современных условиях. Использование предложенных нами приёмов формирования математической мобильности в ходе педагогического эксперимента, показали свою эффективность в процессе фундаментальной подготовки будущих инженеров, привели к повышению уровня усвоения знаний, что было подтверждено статистическими методами.

Summary

The implementation of technologies for the formation of professional mobility in higher mathematics has made it possible to note that the readiness to change activities can be considered not only in the context of changing professional activity, but also in the process of students' educational activity. And this, in turn, made it possible to define «mathematical mobility». It is determined that the readiness of students for the successful implementation of mathematical activity has the following components: psychological readiness, theoretical readiness (intellectual, cognitive components), practical readiness, readiness for further mathematical self-improvement. An experiment to determine the influence of the use of methods for the formation of mathematical mobility of future engineers in the study of higher mathematics is described. The experiment involved 205 second-year undergraduate students of Vinnytsia National Technical University, Faculty of Information Technology and Computer Engineering. The experiment used competency-oriented tasks, test tasks in higher mathematics, built on the basis of Bloom's taxonomy, developed interactive methods for conducting practical classes in the process of studying higher mathematics. These methods were compared with traditional ones. After studying the course «Higher Mathematics» the diagnosis was repeated.

The use of the proposed methods of forming mathematical mobility during the pedagogical experiment demonstrated its effectiveness in the process of fundamental training of future engineers, which led to an increase in the level of knowledge acquisition and was confirmed by methods of statistical processing of observation data.

Литература **References**

- Bondarenko, Z. V. & Kyrylashhuk, S. A. (2017). Prikladna sprjamovanist' vikladannja vishhoї matematiki studentam ekonomichnogo profilju VNZ. *Visnik Zhitomirs'kogo derzhavnogo universitetu imeni Ivana Franka. Pedagogichni nauki*, 4(90), 22-26.
- Brandt, S. (1970). *Statistical and computational methods in data analysis*. New York: American Elsevier Publishing Company, INC/
- Klochko, V.I., Bondarenko, Z. V. & Kyrylashhuk, S. A. (2019). Rozvitok matematichnoї komponenti inzhenerno-profesijnih zdibnostej studentiv ZVTO. *Zbirnik naukovih prac' Umans'kogo derzhavnogo pedagogichnogo universitetu imeni Pavla Tichini*, 2, 45-61. Dostupno: <http://znp.udpu.edu.ua/article/viewFile/168370/168154>
- Kaplina, S.E. (2008). Konceptual'nye i tehnologicheskie osnovy formirovanija professional'noj mobil'nosti budushhих inzhenerov v processe izuchenija gumanitarnyh disciplin [Tekst]: dis. ... kand. ped. nauk: 13.00.08. Cheboksary, 492.
- Standart vishhoї osviti Ukraїni. (2020). Standart vishhoї osviti Ukraїni pershogo (bakalavrs'kogo) rivnja stupenja «bakalavr» za galuzzju znan' 12 «Informacijni tehnologii» special'nistju 122 «Komp'juterni nauki» Retrieved from: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/vishcha-osvita/zatverdzeni%20standarty/2019/07/12/122-kompyuterni-nauki-bakalavr.pdf>
- Khomyuk, I.V. (2015). Vvedennja v osvitnij prostir ponjattja «matematichna mobil'nist'». *Naukovij visnik Kremenec'koї oblasnoї gumanitarno-pedagogichnoї akademii im. Tarasa Shevchenka. Serija: Pedagogika*, 5, 153-160.
- Khomyuk I. V. (2017) Gotovnist' do zmini dijial'nosti v konteksti formuvannja mobil'nosti majbutnih inzheneriv. *Naukovij visnik Kremenec'koї oblasnoї gumanitarno-pedagogichnoї akademii im. Tarasa Shevchenka. Serija: Pedagogika*, 7, 89-98.
- Khomyuk, V.V. & Khomyuk, I.V. (2017). Kompetentnostno-orientovani zavdannja jak vazhlij chinnik formuvannja kognitivnoї skladovoї matematichnoї kompetentnosti majbutnih inzheneriv. *Zbirnik naukovih prac' «Aktual'ni pitannja prirodnicHO-matematichnoї osviti» Sums'kogo derzhavnogo pedagogichnogo universitetu imeni*, 1(9), 107-114.
- Ivanchenko, Ye.A. (2004). *Profesiina mobilnist maibutnikh fakhivtsiv*. Odesa: SMYL, 120.
- Piletska, L.S. (2015) Mobilnist yak neobkhidna umova profesiinoho stanovlennia osobystosti *Psykhologhiia i osobystist*, 2(8), 243-257.
- Sushentseva, L. L. (2011). Problema professyonalnoi moyblynosti v kontekste mezhdytsyplynarnoho podkhoda. *Teoryia y metodyka professyonalnohoobrazovanyia*, 1, 7.
- Yhoshev, B.M. (2008). Razvytye professyonalnoi moyblynosti spetsyalystov – perspektyvnoe napravlenye deiatelnosti pedahohycheskoho unyversyteta. *Nauchno-pedahohycheskyi zhurnal*, 6, 24.
- Zymniaia, Y. A. (2004). *Kliucheverye kompetentsyy kak rezultatyvno - tselevaia osnova kompetentnostnogo podkhoda v obrazovanuu*. M.: Vlados, 180.