

corresponding methodological recommendations regarding the involvement of educational research in the teaching of algebra in the 7th grade of NUS based on the use of virtual experiments (PhET simulations) were considered.

Key words: teaching mathematics, educational activities of schoolchildren, educational and research activities of students, educational and research skills, learning algebra, educational research, PhET simulations.

УДК 378.147 33

DOI 10.5281/zenodo.12160425

І. В. Хом'юк

ORCID ID 0000-0002-2516-2968

С. А. Кирилашук

ORCID ID 0000-0002-8972-3541

В. В. Хом'юк

ORCID ID 0000-0003-1704-570X

Н. В. Сачанюк-Кавецька

ORCID ID 0000-0001-6405-1331

Вінницький національний технічний університет

ФОРМУВАННЯ ЛОГІКО-АНАЛІТИЧНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ МАЙБУТНІХ ІНЖЕНЕРІВ НА ЗАНЯТТЯХ З ВИЩОЇ МАТЕМАТИКИ

У дослідженні висвітлено проблему формування логіко-аналітичної компетентності майбутніх інженерів. Проаналізовано погляди науковців щодо дефініції понять «логічна та аналітична компетентність» та констатовано, що спільним для них є наявність логічного мислення та готовність до аналітичної діяльності. Підсумовуючи наведені погляди на поняття «логіко-аналітична компетентність», авторами визначено логіко-аналітичну компетентність майбутнього інженера як інтегративну характеристику особистості, що оперує знаннями, логічним мисленням, вміннями щодо аналізу числових даних та побудови найпростіших моделей, здатна переосмислити інформацію, що стосується певного професійного завдання та побудувати алгоритм для його ефективного розв'язання.

Визначено, що процес формування логіко-аналітичної компетентності майбутніх інженерів, в першу чергу, спрямований на удосконалення мислення, яке характеризується глибиною, логічністю, креативністю, широтою, критичністю та реалізується через вплив на мотивацію здійснювати аналітичну діяльність, що передбачає оперування математичними знаннями та вміннями. Авторами запропоновано основні характеристики логіко-аналітичної компетентності: 1) гнучкість мислення; 2) аналіз та запам'ятовування інформації; 3) генерування ідей, розробка виважених рішень; 4) ефективне комбінування знань; 5) уміння будувати прогнози, логічні висновки; 6) активне сприйняття інформації. Наведено деякі шляхи формування логіко-аналітичної компетентності на заняттях з вищої математики, а саме: в процесі вивчення різних тем пропонується складати алгоритми розв'язування тих чи інших завдань, що в свою чергу сприяє формуванню операційно-алгоритмічної компетентності; використовувати компетентнісно орієнтовані завдання у відповідності до навчальних цілей: знання-розуміння-застосування-аналіз-синтез-оцінка; до розв'язування певних типів нестандартних задач використовувати загальні прийоми, наприклад диференціальне числення.

Ключові слова: аналітична діяльність, вища математика, диференціальне числення, компетентнісно орієнтовані завдання, майбутній інженер, логіко-аналітична компетентність.

Постановка проблеми. Логіко-аналітична компетентність є однією із складових професійної компетентності майбутніх інженерів. Вона означає здатність аналізувати і розв'язувати складні завдання, використовуючи логічне мислення та аналітичні методи, допомагає приймати обґрунтовані рішення, ефективно аналізувати проблеми та інноваційно діяти. Крім того, щоб продовжити навчання на другому рівні вищої освіти (магістерському) здобувачі мають скласти єдиний вступний іспит (ЄВІ), що передбачає тест загальної навчальної компетентності (ТЗНК) і тест з іноземної мови. ТЗНК відповідно до Програми тесту загальних навчальних компетентностей, затвердженої наказом МОН №158 від 11 лютого 2022 року [6, 8] складається з двох компонентів, один з яких є логіко-аналітичний, що включає логічне та аналітичне мислення. Завдання аналітичного блоку передбачали застосування найпростіших комбінаторних, статистичних або ймовірнісних обчислень, вміння аналізувати числові дані, будувати найпростіші математичні моделі, давати оцінку значень невідомих величин, аналізувати дані та використовувати отриману інформацію для обґрунтування певних рішень. Саме тому, в процесі навчання на першому рівні вищої освіти (бакалаврському) викладачі всіх дисциплін, і вищої математики особливо, мають більше уваги приділяти формуванню логіко-аналітичної компетентності майбутніх фахівців інженерних спеціальностей.

Аналіз актуальних досліджень. Логіко-аналітична компетентність, що є основною категорією дослідження визначається різнопланово провідними науковцями. Значна кількість вчених логічний та аналітичний компоненти розглядають як самостійні відокремлені компетентності. Зокрема, Н. Зінчук, Г. Саволайнен, Л. Половенко, І.-С. Мазур, Ю. Франко та ін. досліджували аналітичну компетентність фахівців різного профілю, а С. Раков, В. Андрієвська, Е. Юркевич та ін. – логічну компетентність. Різні аспекти математичної компетентності фахівців, складовою якої є логічна компетентність, досліджували А. Тихоненко, Л. Іляшенко, О. Овчарук, Л. Нізамієва, Г. Селевко, С. Раков та інші. Формуванню логічного мислення майбутніх фахівців присвячені роботи Є. Архипової, Л. Обухової, Б. Бурштейна та ін. У дослідженнях Є. Лодатка, І. Захарової, Т. Єлканової, І. Седової, В. Бутенка та інших подано загальні теоретико-методологічні засади формування інформаційно-аналітичної компетентності студентів.

Специфіка математичної підготовки майбутніх інженерів висвітлена в доробках таких науковців як, В. Веніков, Г. Варварецька, О. Євсєєва, Т. Крилова, В. Петрук та ін.

Проте при такій високій зацікавленості різними аспектами досліджуваної проблеми, питання пов'язані із формуванням саме логіко-аналітичної компетентності майбутніх фахівців технічних ЗВО потребують подальшого вивчення.

Мета статті – розкриття окремих аспектів формування логіко-аналітичної компетентності майбутніх інженерів на заняттях з вищої математики.

Виклад основного матеріалу. Для з'ясування змісту «логіко-аналітична компетентність», слід звернутись до висвітлення даної наукової дефініції науковцями (табл. 1).

Таблиця 1

Тлумачення термінів «логічна та аналітична компетентність»

№	Автор	Тлумачення
1	Л. Половенко [5, с. 88]	аналітична компетентність майбутнього фахівця економічної кібернетики визначається готовністю та здатністю до аналітичної діяльності та певними особистісними якостями, що забезпечують адаптацію та ефективну управлінську діяльність
2	Н. Зінчук [2, с. 19]	аналітична компетентність менеджера належить до складових професійної компетентності, що забезпечує йому виконання професійних аналітичних завдань, застосовуючи аналітичні методи для встановлення причинно-наслідкових зв'язків у сфері управління

Продовження таблиці 1

3	В. Андрієвська [1, с. 21]	«логічна компетентність – вміння визначати та застосовувати теоретичні поняття, положення, концепції для аналізу та пояснення фактів, явищ, процесів; аналізувати, синтезувати та узагальнювати значний обсяг фактів, простежуючи зв'язки і тенденції; визначати причини, сутність, наслідки та значення явищ і подій, зв'язки між ними; розкривати внутрішні мотиви й зовнішні чинники...»
4	С. Раков [7, с. 4]	логічна компетентність – володіння індуктивним та дедуктивним методами міркувань, аргументації, доведення та спростування тверджень, розуміння переваг і обмежень у застосуванні міркувань на основі індукції, використання апарату математичної логіки задля встановлення істинності суджень, володіння загальними прийомами розумової діяльності у сфері спеціальних предметних об'єктів: прийомами аналізу, синтезу, порівняння, класифікації, абстрагування, узагальнення, конкретизації, встановлення і використання аналогій; використання понятійного апарату дискретної математики (елементів теорії графів) для інтерпретації причинно-наслідкових, структурно-логічних, системо-утворювальних зв'язків та їх подальшого аналізу.
5	І. С.Мазур, Ю.Франко [3, с. 19]	аналітична компетентність в робототехніці базується на використанні сучасних інформаційних технологій, виконанні імітаційних моделювань інтелектуальних систем для вирішення аналітичних завдань.

Таким чином, проведений дефінітивний аналіз ключових понять дослідження дозволив нам визначити логіко-аналітичну компетентність як складову професійної компетентності майбутніх фахівців технічних спеціальностей. На підставі аналізу наукових праць ми прийшли до висновку, що компетентність для фахівців технічних спеціальностей слід розглядати в поєднанні логічного та аналітичного компонентів, тобто як логіко-аналітичну. Вивчаючи питання щодо формування математичної компетентності майбутніх інженерів, було визначено що серед складових даної компетентності присутня логіко-аналітична [9,12,13].

Підсумовуючи наведені погляди науковців, ми пропонуємо логіко-аналітична компетентність як складову математичної компетентності майбутнього інженера визначати як інтегративну характеристику особистості, що оперує знаннями, логічним мисленням, вміннями щодо аналізу числових даних та побудови найпростіших моделей, здатна переосмислити інформацію, що стосується певного професійного завдання та побудувати алгоритм для його ефективного розв'язання.

Процес формування логіко-аналітичної компетентності майбутніх інженерів в першу чергу, спрямований на удосконалення мислення, яке характеризується глибиною, логічністю, креативністю, широтою, критичністю та реалізується через вплив на мотивацію здійснювати аналітичну діяльність, що передбачає оперування математичними знаннями та вміннями (рис.1).

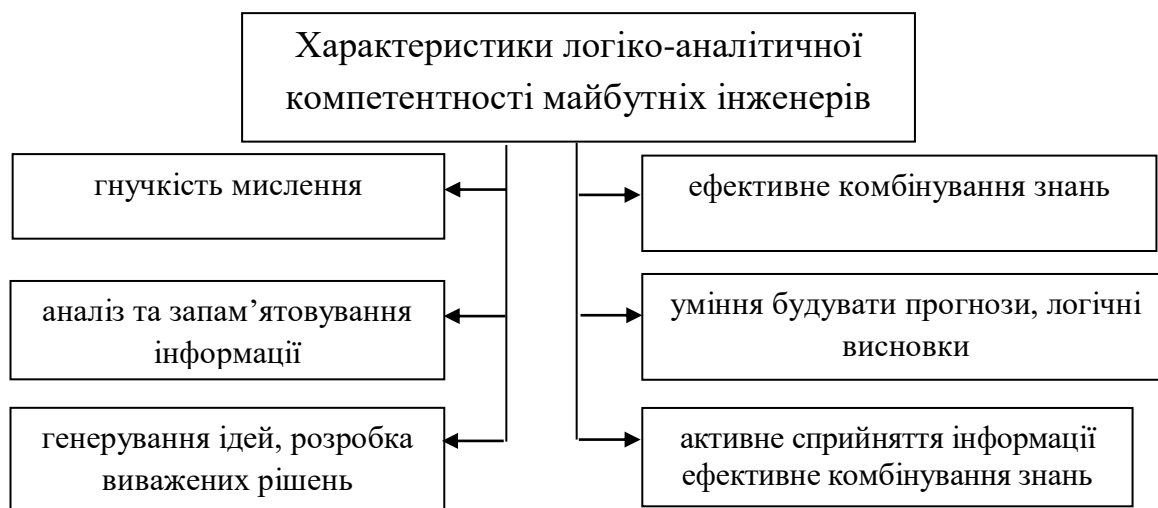


Рис. 1. Основні характеристики логіко-аналітичної компетентності майбутнього фахівця технічних спеціальностей.

Розглянемо деякі шляхи формування логіко-аналітичної компетентності на заняттях з вищої математики.

Оскільки аналітична діяльність передбачає оперування знаннями, переосмислення інформації, що стосується певної проблеми та побудову алгоритмів для її розв'язання, то в процесі вивчення різних тем ми пропонуємо студентам складами алгоритми розв'язування тих чи інших завдань, що в свою чергу сприяє формуванню операційно-алгоритмічної компетентності.

Наприклад, сформулюємо алгоритм дослідження функції $z = f(x, y)$ на екстремум:

- 1) знаходимо перші похідні $\frac{\partial z}{\partial x}$ та $\frac{\partial z}{\partial y}$;
- 2) визначаємо критичні точки, тобто точки, в яких $\frac{\partial z}{\partial x} = 0$ та $\frac{\partial z}{\partial y} = 0$;
- 3) знаходимо другі частинні похідні $\frac{\partial^2 z}{\partial x^2}$, $\frac{\partial^2 z}{\partial x \partial y}$, $\frac{\partial^2 z}{\partial y^2}$;
- 4) знаходимо для кожної критичної точки значення $A = \frac{\partial^2 z}{\partial x^2}(M_i)$,

$$B = \frac{\partial^2 z}{\partial x \partial y}(M_i), \quad C = \frac{\partial^2 z}{\partial y^2}(M_i) \quad \text{та} \quad \Delta = AC - B^2 \quad \text{і робимо висновки на підставі}$$

теореми достатніх умов екстремумів функції двох змінних.

Крім того, даний алгоритм пропонуємо студентам представити також у вигляді структурної логічної схеми.

Важливе значення для формування логіко-аналітичної компетентності мають компетентнісно орієнтовані завдання, що використовуються з різних тем курсу вищої математики. Компетентнісно орієнтовані завдання розроблені у відповідності до навчальних цілей: знання-розуміння-застосування-аналіз-синтез-оцінка [4,10].

Розглянемо приклади компетентнісно орієнтованих завдань для формування логіко-аналітичної компетентності майбутніх інженерів з різних тем курсу вищої математики.

Зразки компетентнісно орієнтованих завдань

Навчальні цілі	Приклади завдань
Знання	1. Сформулювати основні правила диференціювання (одне довести на вибір). 2. Сформулювати і дати повне доведення твердження, що виражає геометричний зміст похідної.
Розуміння	1. Сторони b і c прямокутника змінюються за законом $b = 3t + 1$, $c = 2t + 5$. З якою швидкістю змінюється його площа і периметр в момент часу $t = 5$?
Застосування	Використовуючи теорему Ролля, довести, що для многочлена $P(x) = (x + 3)(x + 2)(x - 1)$ на інтервалі $(-3; 1)$ знайдеться корінь рівняння $P''(x) = 0$.
Аналіз	1. При яких значеннях a крива $y = -x^4 + ax^3 - \frac{3}{2}x^2 + 5$ опукла вгору при всіх $x \in R$? 2. Функція $f(x) = \frac{x^2 - 2}{x^4}$ має на кінцях відрізка $[-1; 1]$ однакові значення, а її похідна дорівнює нулю в точках $x = \pm 2$ (перевірте), розміщених за межами відрізка $[-1; 1]$. Чому не справджується висновок теореми Ролля?
Синтез	1. Знайти найбільший член послідовності $y_n = \frac{n}{n^3 + 250}$, $n \in N$. 2. У якій точці крива $y = \frac{\sigma}{\sqrt{\pi}} e^{-\sigma^2 x^2}$, $\sigma > 0$, найбільш віддалена від осі Ox ? Визначити цю відстань. 3. Обґрунтуйте геометричний зміст теорем Ролля і Лагранжа. Виведіть формулу Лагранжа з формули Тейлора.
Оцінка	За допомогою онлайн-калькулятора скласти таблицю значень функції $y = e^x$ на відрізку $[-0,05; 0,05]$ з кроком 0,01. За одержаними даними побудувати на цьому проміжку графік заданої функції. Упевнитись в тому, що в межах точності побудови цей графік і графік функції $y = x + 1$ нерозрізнимі і пояснити причину цього факту.

Для формування логіко-аналітичної компетентності доцільним буде також використання загальних прийомів, наприклад диференціального числення для розв'язування певних типів нестандартних задач [11].

Наведемо деякі приклади.

Приклад 1. Обчислити значення виразу: $S = \frac{1}{2} + \frac{2}{4} + \frac{3}{8} + \frac{4}{16} + \dots + \frac{100}{2^{100}}$.

Розв'язування. Вираз S має вигляд $a_1 + a_2 + \dots + a_{100}$, де

$a_k = \frac{k}{2^k} = \frac{k}{2} \left(\frac{1}{2}\right)^{k-1}$ ($k = 1, 2, \dots, 100$). Розглянемо функцію f , яка задається рівністю:

$$f(x) = x + x^2 + \dots + x^{100} \quad (x \in (0; 1)).$$

Тоді $f'(x) = 1 + 2x + 3x^2 + \dots + 100x^{99}$, так, що

$$f'\left(\frac{1}{2}\right) = 1 + \frac{2}{2} + \frac{3}{4} + \frac{4}{8} + \dots + \frac{100}{2^{99}} = 2S.$$

З іншого боку $f(x) = \frac{x^{101} - x}{x - 1}$, і

$$f'(x) = \frac{(101x^{100} - 1)(x - 1) - (x^{101} - x)}{(x - 1)^2} = \frac{100x^{101} - 101x^{100} + 1}{(x - 1)^2},$$

і тому $S = 2\left(\frac{100}{2^{101}} - \frac{101}{2^{100}} + 1\right) = 2 - \frac{51}{2^{99}}$.

Приклад 2. Довести, що рівняння $x^3 + 3x - 6 = 0$ має тільки один дійсний корінь.

Доведення. Розглянемо функцію $f(x) = x^3 + 3x + 6 = x^3\left(1 + \frac{3}{x^2} - \frac{6}{x^3}\right)$. З даного

представлення функції видно, що при досить великих значеннях x функція $f(x)$ матиме знак «+», а при досить великих (за абсолютною величиною) від'ємних x матиме знак «-». Тоді за теоремою Больцано-Коші існуватиме принаймні одна точка c , така що $f(c) = 0$. Покажемо, що така точка єдина. Справді, коли б існувало два корені c і c_1 , то застосувавши на проміжку $[c; c_1]$ теорему Ролля, ми б прийшли до висновку, що існує точка c_2 , така що $f(c_2) = 0$ ($c < c_2 < c_1$). А це суперечить тому, що $f'(x) = 3x^2 + 3 \neq 0$.

Висновки та перспективи подальших наукових розвідок. З огляду на все вище зазначене, підсумуємо: логіко-аналітична компетентність є складовою математичної компетентності майбутнього інженера, що визначається: 1) здатністю аналізувати складні проблеми та розв'язувати їх ефективно, використовуючи раціональне та логічне мислення; 2) аналітичними навичками, що є здатністю збирати, організовувати та аналізувати інформацію для прийняття обґрунтованих рішень.

Розв'язування компетентнісно орієнтованих завдань і з різних тем вищої математики, використання в процесі знаходження розв'язку певних типів нестандартних задач загальних прийомів, наприклад диференціальне числення, допомагає студентам розробляти логічне мислення і аналітичні навички.

Проведене дослідження не вичерпує усіх аспектів даної проблеми. Більш ґрунтовної розробки потребує питання взаємозв'язку логіко-аналітичної та логіко-інформаційної компетентності майбутніх інженерів. Перспективами подальших досліджень є аналіз інших підходів до формування зазначених компетентностей.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ / REFERENCES

1. Андрієвська, В. П. (2014). Формування предметних компетентностей при вивченні курсу всесвітньої історії студентами коледжу. Збірник наукових праць ХНУ ім. В. Н. Каразіна, 10, 14–23. (Andrievskaya, V.P. (2014). Formation of subject competencies in the study of world history by college students. Collection of scientific works of KhNU. V.N Karazin, 10, 14–23).
2. Зінчук, Н. А. (2010). Формування аналітичної компетентності майбутніх менеджерів у вищих навчальних закладах (автореф. дис. ...канд. пед. наук: 13.00.04) Київ. (Zinchuk, N. A. (2010). Formation of analytical competence of future managers in higher educational institutions (PhD thesis abstract: 13.00.04) Kyiv).
3. Мазур, І.-С., Франко, Ю. (2023). Про необхідність вивчення робототехніки як засобу формування професійних компетентностей майбутніх інженерів-педагогів. Освіта. Інноватика. Практика, 1, 16–21. (Mazur, I.-S., Franko, Yu. (2023) About the need to study robotics as a means of forming the professional competences of future engineers-pedagogues. Education. Innovation. Practice, 1, 16–21).

4. Онопрієнко, О. І. (2013). Компетентісно зорієнтовані задачі як засіб формування математичної компетентності учнів. Початкова школа, 3, 25–28. (Onoprienko, O. I. (2013). Competently oriented tasks as a way of shaping the mathematical competence of students. Pochatkov school, 3, 25–28).
5. Половенко, Л. П. (2012). Аналітична компетентність – ключовий складник професійної компетентності майбутніх фахівців з економічної кібернетики. Щоквартальний науково-практичний журнал: Теорія і практика управління соціальними системами: філософія, психологія, педагогіка, соціологія, 1, 81–90. (Polovenko, L. P. (2012). Analytical competence is a key component of the professional competence of future specialists in economic cybernetics. Quarterly scientific and practical journal: Theory and practice of managing social systems: philosophy, psychology, pedagogy, sociology, 1, 81–90).
6. Порядок прийому на навчання для здобуття вищої освіти в 2023 році. Наказ МОН України № 276 від 15 березня 2023 року. Режим доступу: <https://mon.gov.ua/ua/osvita/visha-osvita/vstupna-kampaniya-2023/umovi-prijomu-dlya-zdobuttya-vishoyiosviti-2023-roku>. (Procedure for admission to higher education in 2023. Order of the Ministry of Education and Science of Ukraine № 276 dated March 15, 2023. Retrieved from: <https://mon.gov.ua/ua/osvita/visha-osvita/vstupna-kampaniya-2023/umovi-prijomu-dlya-zdobuttya-vishoyiosviti-2023-roku>).
7. Раков, С. А. (2007). Формування математичних компетентностей випускника школи як місія математичної освіти. Математика в школі, 5, 2–7. (Rakov, S. A. (2007). Formation of mathematical competencies of a school graduate as a mission of mathematical education. Mathematics at school, 5, 2–7).
8. Стандарти вищої освіти. МОН України. Режим доступу: <https://mon.gov.ua/ua/osvita/visha-osvita/naukovo-metodichna-rada-ministerstva-osviti-i-naukiukrayini/zatverdzeni-standarti-vishoyi-osviti>. (Standards of higher education. Ministry of Education and Science of Ukraine. Retrieved from: <https://mon.gov.ua/ua/osvita/visha-osvita/naukovo-metodichna-rada-ministerstva-osviti-i-naukiukrayini/zatverdzeni-standarti-vishoyi-osviti>).
9. Хом'юк, В. В. (2014). Компетентісний підхід до формування математичної компетентності майбутніх інженерів. Вісник Чернігівського національного педагогічного університету: серія: педагогічні науки. Чернігів: ЧНПУ, 117, 258–261. (Khomyuk, V. V. (2014). Competence approach to the formation of mathematical competence of future engineers. Bulletin of the Chernihiv National Pedagogical University: series: pedagogical sciences. Chernihiv: ChNPU, 117, 258–261).
10. Хом'юк, В. В., Хом'юк, І. В. (2018). Компетентностно-орієнтовані завдання як важливий чинник формування когнітивної складової математичної компетентності майбутніх інженерів. Актуальні питання природничо-математичної освіти. Суми : Сумський державний педагогічний університет імені А. С. Макаренка, 1(9), 107–114. (Khomyuk, V. V., Khomyuk, I. V. (2018). Competence-oriented tasks as an important factor in the formation of the cognitive component of mathematical competence of future engineers. Current issues of natural and mathematical education. Sumy: Sumy state Pedagogical University named after A. S. Makarenko, 1(9), 107–114.).
11. Хом'юк, І. В., Хом'юк, В. В. (2018). Доведення теорем як засіб активізації навчання студентів вищої математики у технічних ВОЗ. Актуальні питання природничо-математичної освіти. Суми : Сумський державний педагогічний університет імені А. С. Макаренка, 1(11), 114–119 (Khomyuk, I. V., Khomyuk, V. V. (2018). Continuation of theory as a tool for activation of students of higher mathematics in technical university. Current issues of natural and mathematical education. Sumy: Sumy state Pedagogical University named after A. S. Makarenko, 1 (11), 114–119).
12. Хом'юк, І. В., Кирилашук, С. А., Хом'юк, В. В. (2022). Використання задач на доведення як засобу формування логічної компетентності майбутніх інженерів. Актуальні питання природничо-математичної освіти. Суми : Сумський державний педагогічний університет імені А. С. Макаренка, 1(19), 90–98. (Khomyuk, I. V., Kyrylashchuk, S. A., Khomyuk, V. V.

The use of proof problems as a means of forming the logical competence of future engineers. Current issues of natural and mathematical education. Sumy: Sumy state Pedagogical University named after A. S. Makarenko, 1(19), 90–98.

13. Brown, C. (2020). The Importance of Analytical Competency in Engineering Practice. *Engineering Journal*, 28(2), 45–59.

Khomyuk I. V., Kyrylashchuk S. A., Khomyuk V. V., Sachaniuk-Kavets'ka. N. V. Formation of logical and analytical competence of future engineers in higher mathematics classes.

The study highlights the problem of forming the logical and analytical competence of future engineers. The views of scientists regarding the definition of the concepts of «logical and analytical competence» were analyzed and it was established that they have in common the presence of logical thinking and readiness for analytical activity. Summarizing the above views on the concept of «logical-analytical competence», the authors define the logical-analytical competence of a future engineer as an integrative characteristic of a person who operates with knowledge, logical thinking, the ability to analyze numerical data and build the simplest models, capable of rethinking information related to a certain professional task and build an algorithm for its effective solution.

It was determined that the process of forming the logical-analytical competence of future engineers is primarily aimed at improving thinking, which is characterized by depth, logic, creativity, breadth, criticality and is implemented through the influence on the motivation to carry out analytical activities, which involves the operation of mathematical knowledge and skills. The authors proposed the main characteristics of logical-analytical competence: 1) flexibility of thinking; 2) analysis and memorization of information; 3) generating ideas, developing balanced solutions; 4) effective combination of knowledge; 5) the ability to make forecasts, logical conclusions; 6) active perception of information. Some ways of forming logical-analytical competence in higher mathematics classes are presented, namely: in the process of studying various topics, it is suggested to compile algorithms for solving certain tasks, which in turn contributes to the formation of operational-algorithmic competence; use competence-oriented tasks in accordance with educational goals: knowledge-understanding-application-analysis-synthesis-evaluation; to solve certain types of non-standard problems, use general methods, for example, differential calculus.

Key words: *analytical activity, higher mathematics, differential calculus, competence-oriented tasks, future engineer, logical-analytical competence.*