

УДК 37.091.26:004.9

DOI: 10.15587/2519-4984.2017.102729

## АНАЛІЗ ПОНЯТТЄВО-КАТЕГОРІАЛЬНОГО АПАРАТУ ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ ТЕСТІВ З ВИЩОЇ МАТЕМАТИКИ

© О. О. Диховичний, А. Ф. Дудко

*У статті проведено аналіз поняттєво-категоріального апарату дослідження якості тестів з вищої математики. Відібрано та означено поняття, необхідні для побудови методики оцінювання якості тестів. Введені означення понять дозволяють чітко окреслити напрями дослідження, визначити методи оцінювання та шляхи підвищення якості тестів з вищої математики, що, в свою чергу, сприяє покращенню контролю знань*

**Ключові слова:** *тест, якість тесту, комп'ютерно орієнтоване оцінювання, надійність, валідність, складність завдання*

### 1. Вступ

Одним із пріоритетних напрямів розвитку сучасної освіти є її інформатизація. Світова практика розвитку та використання інформаційно-комунікаційних технологій в освіті демонструє тенденцію до зміни традиційних форм організації освітнього процесу, зокрема, форм контролю знань студентів.

Одним із інноваційних засобів оцінювання навчальних досягнень студентів є комп'ютерне тестування, яке широко використовується закордоном та активно впроваджується в Україні. Так в Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» кафедрою математичного аналізу та теорії ймовірностей організовано комп'ютерне тестування з вищої математики з використанням створеного викладачами кафедри комплексу дистанційних курсів «Вища математика» [1]. Застосування тестування як засобу контролю знань вимагає ґрунтовної підготовки з боку викладачів для складання якісних педагогічних тестів. Неправильно складені тести, що не пройшли апробацію, і якість яких не було перевірено, можуть давати помилкові результати. Тому процес впровадження тестування в освіту висуває високі вимоги до фахівців. Насамперед, це глибоке оволодіння поняттєво-категоріальним апаратом в галузі педагогічних вимірювань та формування компетентності щодо оцінювання якості тестів, що є необхідним для визначення цілей та організації подальшого аналізу якості тестів.

### 2. Літературний огляд

Питанню тестування присвячено велику кількість робіт. Зокрема, практичному застосуванню методів тестології в навчальному процесі присвячено роботу [2]. В багатьох працях наводяться визначення основних понять дослідження якості тестів, які суттєво відрізняються одне від одного. Так поняття «тест» розглядають у декількох значеннях. Наприклад, в роботі [3] тестами називають завдання на виконання діяльності певного рівня в поєднанні з системою оцінювання; в роботі [4] – сукупність завдань, які дозволяють дати об'єктивну кількісну оцінку якості підготовки іспитника в певній освітній галузі; в роботі [5] – стандартизовані, короткі, обмежені в часі випробування, призначені для встанов-

лення кількісних і якісних індивідуальних розбіжностей іспитників. У дослідженні [6] взагалі наводиться близько двох десятків визначень і видів тестів, різних за призначенням. Отже, загальноприйнятого означення поняття «тест» не існує.

Автори уникають точного визначення поняття якості тестів. Так у роботі [7] зазначають лише, що визначення якості тесту базується на певних теоретико-методологічних засадах та методах, що використовуються під час аналізу результатів тестування. Часто поняття якості тестів базуються на понятті критеріїв якості тестів. При цьому різні автори наводять різні критерії якості тестів. Так у дослідженні [8] автор зазначає, що серед критеріїв якості можна виділити: відповідність мети розробки тесту тій чи іншій освітній політиці, мети розробки тесту – контингенту іспитників, відбору змісту кожного завдання – цілям тесту в цілому, рівня складності завдань – рівню підготовленості кожного іспитника. Але підхід до визначення критеріїв якості тестів може бути інакшим, побудованим на основі двох фундаментальних теорій тестів: Item Response Theory (IRT) та Класичній Теорії Тестів (КТТ). Основні поняття КТТ закладено у роботі [9], IRT – у роботі [10]. Сучасний огляд понятійно-категоріального апарату дослідження якості тестів в рамках КТТ частково представлено в роботах [11, 12], в рамках IRT – в роботах [4, 13].

Аналіз вищезазначеної літератури дозволяє зробити висновок, що при наявності багатьох підходів до визначення базових понять дослідження якості тестів загальноприйнятий підхід відсутній. Тому задача визначення понятійно-категоріального апарату дослідження якості тестів на сьогоднішній день є актуальною.

### 3. Мета та задачі дослідження

Мета дослідження – сформулювати понятійно-категоріальний апарат дослідження якості тестів з вищої математики, який у подальшому дозволить визначити цілі та методи оцінювання і вдосконалення якості тестів.

Для досягнення мети були поставлені наступні задачі:

– визначити поняття, необхідні для дослідження якості тестів;

- проаналізувати ці поняття, спираючись на дослідження сучасного стану проблеми;
- уточнити та дати власне визначення цих понять.

#### 4. Основні поняття дослідження якості тестів

У процесі дослідження питання якості тестів, виникає необхідність чіткого формулювання основних понять, таких як «тест», «якість тесту», «оцінювання якості тесту», «комп'ютерно орієнтоване оцінювання якості тесту», «методика комп'ютерно орієнтованого оцінювання якості тесту». Визначимо їх.

Слово «тест» походить від англійського слова «test» і означає випробування або дослідження. В педагогічній літературі можна зустріти різні визначення поняття «тесту», які суттєво відрізняються одне від одного.

Тестом можна вважати єдину зв'язану систему завдань, яка відповідає вимогам валідності й надійності [8]. За О. М. Майоровим тест є інструментом, що складається з кваліметрично вивіреної системи тестових завдань, стандартизованої процедури проведення і наперед спроектованої технології обробки й аналізу результатів [14].

Іноді поняття «педагогічний тест» розглядається у двох значеннях: як метод педагогічного вимірювання і як результат використання тесту, що складається з множини завдань [15]. Останнім часом з'явилися терміни, які враховують обидва смислові значення тесту: і як методу, і як результату.

Будемо розуміти *тест як* систему завдань специфічної форми, певного змісту для об'єктивної оцінки рівня підготовленості студентів з наперед заданою методикою аналізу результатів.

Основним напрямом досліджень в педагогічних вимірюваннях є розробка якісних тестів [8]. Є. В. Драган визначає якість навчального тесту як величину, що описує сукупність взаємопов'язаних параметрів навчального тесту, які характеризують його властивості: валідність, надійність, об'єктивність, ефективність [16].

Багато авторів не дають точного визначення поняття якості тесту, а розглядають лише критерії цієї якості. Аналіз наукової педагогічної і психологічної літератури дозволяє виділити дві основні теорії, які визначають критерії якості тесту: IRT та КТТ.

В основу КТТ покладено розвинутий класичний статистичний апарат для дослідження результатів вимірювань. Методи IRT передбачають застосування спеціальних математичних моделей тестових завдань і тестів, які визначаються множиною так званих латентних параметрів, значення яких оцінюються за результатами тестування. У ході дослідження було відібрано наступні моделі IRT для оцінювання якості тестів з вищої математики: Раша та Бірнбаума (для дихотомічних завдань), Андерсенена для політомічних завдань та Тіссена-Стейнберга для завдань множинного вибору. IRT-методи дослідження якості тестів передбачають:

- оцінювання латентних параметрів завдань та іспитників для відібраних IRT-моделей;
- аналіз ансамблю характеристичних кривих завдань тесту;

– аналіз характеристичних кривих підрівнів політомічних тестових завдань;

– аналіз характеристичних кривих дистракторів завдань множинного вибору та дослідження інформаційних функцій тестів та тестових завдань.

Методи КТТ та IRT дозволяють оцінити не лише якість тесту у цілому, а і якість окремих тестових завдань. А оскільки *тестове завдання* є елементарною одиницею тесту, то, очевидно, що якість тесту залежить від якості кожного відібраного для нього завдання.

*Якість тесту* будемо розуміти як відповідність вимогам, які висуваються до характеристик тесту у цілому та до окремих тестових завдань. Основними параметрами якості тесту є надійність, валідність, ефективність, тестових завдань – складність та диференційоюча здатність. Наведемо визначення цих понять.

*Надійністю* називається характеристика тесту, що відображає точність тестових вимірювань, а також стійкість тестових результатів до дії випадкових факторів.

Отже, термін «надійність» має два значення. По-перше, тест вважається надійним, якщо він забезпечує високу точність вимірювань. По-друге, тест вважається надійним, якщо він дає при повторному тестуванні близькі результати за умови, що підготовка іспитника не змінилася до повторного виконання тесту.

Оцінка надійності тестів проводиться різними методами, які за способом реалізації можна умовно поділити на дві групи. Перша група методів базується на двократному тестуванні, проведеному за допомогою одного і того ж тесту або за допомогою двох паралельних форм тесту. Друга група передбачає одноразове тестування.

Звичайно, практично віддають перевагу другій групі методів, оскільки і організація повторного тестування, і створення паралельних форм пов'язані з певними труднощами і додатковими витратами для розробників тестів.

Незалежно від методу оцінка надійності не завжди, але найчастіше будується на обчисленні кореляції між двома наборами результатів виконання одного і того ж тесту або двох його паралельних форм. Логіка міркувань при цьому досить проста: чим вище кореляція, тим вище надійність тесту.

Для оцінки надійності тесту обрано метод розщеплення та метод Кронбаха  $\alpha$ , які здійснюються на підставі одноразового тестування.

Для оцінки коефіцієнта надійності методом розщеплення впорядковані результати тестування ділять на дві частини: в одну включають дані студентів по парних, а в іншу – по непарних завданнях. Формула для обчислення коефіцієнта надійності  $r$  має наступний вигляд:

$$r = \frac{2\tilde{r}}{1 + \tilde{r}},$$

де  $\tilde{r}$  – коефіцієнт кореляції між двома частинами тесту.

Коефіцієнт надійності Кронбаха  $\alpha$  знаходять за формулою

$$\alpha = \frac{K}{K-1} \left( 1 - \frac{\sum_{j=1}^L S_j^2}{S^2(X)} \right), \quad j = \overline{1, K},$$

де  $K$  – загальна кількість завдань у тесті;  $S_j^2$  – вибіркова дисперсія по розподілу балів за  $j$ -е завдання;  $S^2(X)$  – вибіркова дисперсія по розподілу індивідуальних балів.

Термін «*валідність*» походить від англійського «*valid*» і означає обґрунтований, дійсний, придатний, «той, що має силу». Поняття валідності використовується для загальної характеристики тесту в аспекті відповідності одержаних результатів меті та вимогам оцінювання. Воно відповідає на питання про те, що саме виявляє тест, наскільки він придатний для виявлення того, для чого він призначений [17].

У дослідженні особливу увагу приділено змістовній та критеріальній валідності.

Критеріальна валідність передбачає наявність зовнішнього критерію, кореляція з яким визначає валідність тесту [11]. Для оцінювання критеріальної валідності використовуємо коефіцієнт кореляції між результатами комп'ютерного тестування та оцінками експертів, виставленими при традиційній перевірці знань студентів без використання тестів.

Змістовна валідність – це характеристика репрезентативності змісту тесту по відношенню до запланованих для перевірки знань і вмінь [4].

Забезпечення високої змістовної валідності передбачає вирішення наступних задач:

- розробка специфікації тесту;
- відбір групи експертів, компетентних у змістовній області;
- оцінювання змістовної валідності створеного тесту.

Оцінювання змістовної валідності створеного тесту проводиться за методом Делфі та передбачає:

- організацію та проведення експертизи зі встановлення відповідності між тестовими завданнями і змістовною областю виконання тесту;
- приймання узагальнюючих висновків розробником щодо поліпшення змісту тесту.

Технологія експертизи якості змісту тесту зазвичай включає три напрямки роботи експертів:

- оцінювання завдань тесту;
- оцінювання тесту у цілому;
- оформлення узагальнюючих висновків і рекомендацій щодо поліпшення змісту тесту.

У якості інструменту проведення експертизи тестів з вищої математики був обраний Google Docs додаток. Детально оцінювання змістовної валідності тестів з вищої математики описано в роботі [18].

Поняття надійності та валідності педагогічного тесту надзвичайно важливі, оскільки саме вони характеризують тест як вимірювальний інструмент. Тест з невідомими надійністю і валідністю непридатний для оцінювання знань студентів.

Ефективність – порівняльна характеристика, яка дозволяє назвати тест, який краще ніж інші тести вимірює знання студентів потрібного рівня підготовки з меншою кількістю завдань, якісніше, швидше,

дешевше, і все це, – якщо можливо, одночасно [8]. Аванесов В. С. зауважує, що найефективніший тест – це тест, який точно відповідає за складністю завдань рівню підготовленості іспитників.

У рамках IRT дослідження ефективності тесту проводиться із застосуванням інформаційної функції, яка показує, наскільки ефективно дане завдання тесту оцінює іспитника з певним значенням параметра підготовленості.

Інформаційна функція базується на понятті кількості інформації, яка забезпечується оцінкою параметра підготовленості студента  $\theta$  за  $j$ -те завдання, має наступний вигляд [10]:

$$I_j(\theta) = \frac{(E'_j(\theta))^2}{\sigma_j^2(\theta)}, \quad j = \overline{1, K}, \quad (1)$$

де  $K$  – кількість завдань в тесті;  $E_j(\theta)$  – математичне сподівання оцінки параметра  $\theta$ ;  $E'_j(\theta)$  – похідна на математичного сподівання оцінки параметра  $\theta$ ;  $\sigma_j^2(\theta)$  – стандартне відхилення оцінки параметра  $\theta$ .

Формула (1) носить загальний характер і уточнюється відповідно до типу завдання та обраної IRT-моделі.

Детально оцінювання ефективності тестів з вищої математики розглянуто в роботі [19].

Складність тестового завдання може бути визначена по-різному в межах різних теорій тестування. Так в межах КТТ складність тестового завдання – це частка правильних відповідей на завдання групою іспитників. В рамках IRT складність – є латентним параметром завдання, який визначається за результатами тестування. Одне завдання вважається складнішим за інше, якщо ймовірність правильної відповіді на перше завдання менша, ніж на друге, незалежно від того, хто їх виконує.

Дискримінативність (диференціююча здатність) завдання – це здатність завдання розрізняти іспитників з різним рівнем навчальних досягнень. Якщо завдання однаково виконується іспитниками з різним рівнем знань, то можна говорити про низьку дискримінативність завдання.

Оцінювання диференціюючої здатності завдань передбачає обчислення значення індексу розрізняльної здатності дихотомічних завдань  $D_j$ , коефіцієнту точкової бісеріальної кореляції та бісеріального коефіцієнту кореляції між дихотомічним завданням та індивідуальними балами іспитників і коефіцієнту кореляції Пірсона між політомічним завданням та індивідуальними балами іспитників  $r_j$ .

Значення індексу розрізняльної здатності дихотомічних завдань знаходять за формулою:

$$D_j = p_{uj} - p_{lj}, \quad j = \overline{1, K},$$

де  $p_{uj}$  – частка правильних відповідей на  $j$ -те завдання для 27 % іспитників з найвищими індивідуальними балами;  $p_{lj}$  – частка правильних відповідей на  $j$ -те завдання для 27 % іспитників з найнижчими індивідуальними балами;  $K$  – загальна кількість завдань у тесті.

Формула для обчислення точкової бісеріальної кореляції має вигляд

$$\rho_j = \frac{\bar{X}_{1j} - \bar{X}_{0j}}{S_x} \sqrt{\frac{N_{1j} \cdot N_{0j}}{N(N-1)}}, \quad j = \overline{1, K},$$

де  $\bar{X}_{1j}$  – середнє значення індивідуальних балів іспитників, які вірно виконали  $j$ -те завдання тесту;  $\bar{X}_{0j}$  – середнє значення індивідуальних балів іспитників, які невірно виконали  $j$ -те завдання тесту;  $S_x$  – стандартне відхилення вибірки індивідуальних балів;  $N_{1j}$  – кількість іспитників, які вірно виконали  $j$ -те завдання тесту;  $N_{0j}$  – кількість іспитників, які невірно виконали  $j$ -те завдання тесту;  $N$  – загальна кількість іспитників,  $N = N_{1j} + N_{0j}$ ;  $K$  – загальна кількість завдань у тесті.

Обчислюється бісеріальний коефіцієнт кореляції [12] між дихотомічним завданням та індивідуальними балами іспитників  $\rho_{bisj}$  за формулою

$$\rho_{bisj} = \frac{\bar{X}_{1j} - \bar{X}}{S_x} \sqrt{\frac{p_j}{Y_j}}, \quad j = \overline{1, K}$$

де  $\bar{X}_{1j}$  – середнє значення індивідуальних балів іспитників, які вірно виконали  $j$ -те завдання тесту;  $\bar{X}$  – середнє значення індивідуальних балів іспитників;  $S_x$  – стандартне відхилення вибірки індивідуальних балів;  $p_j$  – частка іспитників, які відповіли на  $j$ -те завдання правильно;  $Y_j$  – ордината стандартної нормальної кривої в точці з абсцисою, яка дорівнює  $z$ -оцінці, що відповідає величині  $p$  для  $j$ -ого завдання (визначається за відповідною таблицею) [12];  $K$  – загальна кількість завдань у тесті.

В дослідженні під **оцінюванням якості тесту** розуміємо процедуру встановлення ступені відповідності характеристик окремих тестових завдань та тесту у цілому критеріям якості та складання висновку про якість тесту.

Оцінювання якості тестів передбачає застосування складних математичних методів і вимагає використання **інформаційно-комунікаційних технологій** (ІКТ). Використання ІКТ дозволяє суттєво підвищити ефективність та точність обробки великих обсягів даних для оцінювання та покращення якості тестів.

У дослідженні під **комп'ютерно орієнтованим оцінюванням якості тесту** розумітимемо оцінювання якості тесту з використанням ІКТ.

Необхідно наголосити, що, не зважаючи на велику кількість робіт, присвячених питанню аналізу якості тестів, актуальним залишається питання взаємодії методів КТТ та ІРТ при опрацюванні результатів тесту-

вання, поєднання їх в єдину методику комп'ютерно орієнтованого оцінювання якості тестів з вищої математики, а також впровадження такої методики.

Під **методикою комп'ютерно орієнтованого оцінювання якості тесту** у дослідженні розуміємо теоретично обґрунтовану та логічно впорядковану сукупність методів оцінювання якості тесту з використанням ІКТ.

## 5. Результати досліджень та їх обговорення

Основним результатом статті є формування поняттєво-категоріального апарату дослідження якості тестів. Визначення основних понять дозволило означити напрямки аналізу результатів тестування та шляхи підвищення якості тестів, покладені в основу комп'ютерно орієнтованої методики оцінювання якості тестів з вищої математики [20], яка базується на взаємодоповнюючих методах КТТ та ІРТ. Комп'ютерно орієнтована методика оцінювання якості тестів дозволяє проводити ефективний, зручний та наглядний аналіз якості завдань і тестів. У якості засобу методики використовуємо авторську систему автоматизованого аналізу якості тестових завдань з вищої математики [21]. Застосування методики дозволяє не лише оцінити, а й у подальшому здійснити покращення якості як окремих тестових завдань, так і тесту у цілому. Практичне застосування розробленої методики до пакету тестів з вищої математики для студентів технічних спеціальностей Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» підтвердило її ефективність.

## 6. Висновки

У результаті проведеного аналізу поняттєво-категоріального апарату дослідження якості тестів можна зробити наступні висновки:

– визначення та розуміння основних понять дослідження якості тестів а саме: «тест», «якість тесту», «оцінювання якості тесту», «комп'ютерно орієнтоване оцінювання якості тесту», «методика комп'ютерно орієнтованого оцінювання якості тесту» є необхідною умовою при дослідженні якості тестів;

– на основі аналізу існуючих визначень вищезазначених понять виявлено неоднозначність та відсутність загальноприйнятого підходу у трактуванні понять «тесту», «якості тесту», «оцінювання якості тесту» та відсутність визначення понять «комп'ютерно орієнтованого оцінювання якості тесту», «методики комп'ютерно орієнтованого оцінювання якості тесту»;

– сформований у статті поняттєво-категоріальний апарат дослідження якості тестів дозволяє чітко окреслити напрями дослідження та визначити методи оцінювання та шляхи підвищення якості тестів з вищої математики, що, в свою чергу, сприятиме покращенню контролю знань.

## Література

1. Алексеева, І. В. Про розвиток та досвід експлуатації комплексу дистанційної освіти «Вища математика» [Текст]: міжнар. зб. наук. пр. / І. В. Алексеева, В. О. Гайдей, О. О. Диховичний, Н. Р. Коновалова, Л. Б. Федорова // Дидактика математики: проблеми і дослідження. – 2009. – № 31. – С. 49–56.
2. Биков, В. Ю. Моніторинг рівня навчальних досягнень з використанням Інтернет-технологій [Текст]: монографія / В. Ю. Биков, Ю. М. Богачков, Ю. О. Жук; ред. В. Ю. Биков, Ю. О. Жук. – К.: Педагогічна думка, 2008. – 128 с.

3. Беспалько, В. П. О критериях качества подготовки специалистов [Текст] / В. П. Беспалько // Вестник высшей школы. – 1988. – № 1. – С. 3–9.
4. Чельшкова, М. Б. Теория и практика конструирования педагогических тестов [Текст] / М. Б. Чельшкова. – М.: Логос, 2002. – 431 с.
5. Кузнецов, А. А. Оценка достижения требований образовательных стандартов [Текст] / А. А. Кузнецов. – М.: Нац. центр стандартов и мониторинга образования, 1998. – 26 с.
6. Балыхина, Т. М. Словарь терминов и понятий тестологии [Текст] / Т. М. Балыхина. – М.: Изд-во РУДН, 2000. – 164 с.
7. Кухар, Л. О. Конструювання тестів [Текст]: навч. пос. / Л. О. Кухар, В. П. Сергієнко. – Луцьк, 2010. – 182 с.
8. Аванесов, В. С. Основы педагогической теории измерений [Текст] / В. С. Аванесов // Педагогические измерения. – 2004. – № 1. – С. 3–19.
9. Анастаси, А. Психологическое тестирование [Текст] / А. Анастаси, С. Урбина. – СПб.: Питер, 2007. – 688 с.
10. Linden, W. Handbook of Modern Item Response Theory [Text] / W. Linden, R. Hambleton. – New York: Springer, 1997. – 510 p. doi: 10.1007/978-1-4757-2691-6
11. Ким, В. С. Тестирование учебных достижений [Текст]: монография / В. С. Ким. – Уссурийск: Издательство УГПИ, 2007. – 214 с.
12. Крокер, Л. Введение в классическую и современную теорию тестов [Текст]: учебник / Л. Крокер, Дж. Алгина; ред. В. И. Звонников, М. Б. Чельшкова. – М.: Логос, 2010. – 668 с.
13. Лісова, Т. В. Моделі та методи сучасної теорії тестів [Текст]: навч.-метод. пос. / Т. В. Лісова. – Ніжин: Видавець ПП Лисенко М. М., 2012. – 112 с.
14. Майоров, А. Н. Теория и практика создания тестов для системы образования [Текст] / А. Н. Майоров. – М.: Интеллект-центр, 2001. – 296 с.
15. Гронлунд, К. Оцінювання студентської успішності [Текст]: пр. пос. / К. Гронлунд, Е. Норман. – К.: Навчально-методичний центр Консорціум із удосконалення менеджмент-освіти в Україні, 2005. – 312 с.
16. Драган, Є. В. Комп'ютерно орієнтована технологія оцінювання навчальних досягнень студентів фізичних спеціальностей на основі ймовірнісних теорій тестування [Текст]: дис. ... канд. пед. наук. / Є. В. Драган. – К., 2012. – 218 с.
17. Гончаренко, С. У. Український педагогічний словник [Текст] / С. У. Гончаренко. – К.: Либідь, 1997. – 376 с.
18. Диховичний, О. О. Оцінювання змістовної валідності тестів з вищої математики з використанням Google Docs додатку [Текст] / О. О. Диховичний, А. Ф. Дудко // Інформаційні технології і засоби навчання. – 2016. – Т. 52, № 2. – С. 52–61. – Режим доступу: <http://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/1383/1032>
19. Диховичний, О. О. Застосування інформаційної функції для аналізу та підвищення ефективності тестів з вищої математики [Текст] / О. О. Диховичний, А. Ф. Дудко // Інформаційні технології і засоби навчання. – 2014. – Т. 41, № 3. – С. 55–69. – Режим доступу: [http://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/1040/790#.U7xiCZR\\_tbE](http://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/1040/790#.U7xiCZR_tbE)
20. Диховичний, О. О. Комплексна методика аналізу якості тестів з вищої математики [Текст]: зб. наук. праць / О. О. Диховичний, А. Ф. Дудко // Науковий часопис НПУ імені М.П. Драгоманова. Серія № 2. Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання. – 2015. – № 15 (22). – С. 139–144.
21. Диховичний, О. О. Автоматизована система аналізу результатів комп'ютерного тестування з вищої математики [Текст] / О. О. Диховичний, А. Ф. Дудко // Наукові праці ДонНТУ. Серія: Педагогіка, психологія і соціологія. – 2013. – № 2 (14). – С. 103–110.

*Рекомендовано до публікації д-р пед. наук Сусь Б. А.  
Дата надходження рукопису 03.04.2017*

**Диховичний Олександр Олександрович**, кандидат фізико-математичних наук, доцент, кафедра математичного аналізу та теорії ймовірностей, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», пр. Перемоги, 37, м. Київ, Україна, 03056

**Дудко Анна Федорівна**, асистент, кафедра математичного аналізу та теорії ймовірностей, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», пр. Перемоги, 37, м. Київ, Україна, 03056  
E-mail: [afdudko@gmail.com](mailto:afdudko@gmail.com)