

3. Національна доктрина розвитку освіти у XXI столітті // Освіта України. – 2001. – №1. – С.1-2.
4. Селевко Г.К. Современные образовательные технологии: учеб. пособ. / Селевко Г.К. – М.: Народное образование, 1998. – 256с.
5. Сергеев С.Ф. Инструменты обучающей среды: стили обучения / С.Ф.Сергеев // Образовательные технологии. – 2010. – № 3. – С.85-94.
6. Abdulwahed M. Innovative approaches to teaching mathematics in higher education: a review and critique / M.Abdulwahed, B.Jaworski, A.Crawford // Nordic Studies in Mathematics Education. – 2012. – 17(2). – P.49-68.
7. Драйден Г. Революция в обучении / Г.Драйден, Дж.Вое. – М.: «Парвинэ», 2003. – 672с.
8. Kolb D.A. Experimental learning: Experience as a source of learning and development / D.A.Kolb. – Englewood cliffs. N. Y.: Prentice-Hall, 1984. – 256p.
9. Dunn R.S. Learning Styles / Teaching Styles: Should They ... Can They ... Be Matched? / R.S.Dunn, K.J.Dunn // Educational Leadership. –1979. – 36. – P.238-244.
10. Fleming, N.D. Not Another Inventory, Rather a Catalyst for Reflection / N.D.Fleming, C.Mills // To Improve the Academy. – 1992. – Vol. 11. – P.137-149.
11. Gregorc A.F. Gregorc style delineator: Development, technical, and administration manual / A.F. Gregorc. – Maynard, M. A.: Gabriel Systems. – 1982. – 41p.
12. Троешестова Д.А. Выбор интерактивных методов обучения студентов специальности «Математика» на основе психолого-педагогического мониторинга / Д.А.Троешестова, М.В.Иванова // Вестник Чувашского университета. – 2013. – № 2. – С.141-145.
13. Mattson D.J. Learning Style Diversity in Post – Secondary Distance Education / D.J.Mattson, C.C.Holland, K.L.Parker // Christian Perspectives in Education. – 2008. – V. 1, №. 2. – P.1-35.
14. Борисова С.П. Личностно-ориентированный подход к организации электронного обучения студентов – будущих экономистов / С.П.Борисова // Вестник СамГУ. – 2010. – № 5 (79). – С.214-218.

Надійшла до редколегії 05.06.2018.

УДК 378.147

DOI 10.31319/2519-2884.33.2018.212

ДЕРЕЦЬ Є.В., к.ф.-м.н., доцент

Дніпровський державний технічний університет, м. Кам'янське

### МЕТОДИКА РОЗРОБКИ АДАПТИВНИХ НАВЧАЛЬНИХ ТЕСТІВ З ВИЩОЇ ТА ПРИКЛАДНОЇ МАТЕМАТИКИ

**Вступ.** Сучасні умови ринку праці потребують від висококваліфікованого фахівця здатності на ефективне навчання та самовдосконалення впродовж всього життя. Необхідною умовою досягнення таких якостей випускників вищої школи є плідна регулярна самостійна робота студентів, яка формує і розвиває навички самоосвіти, створює потребу особистості в постійному саморозвитку. Сучасні комп'ютерні технології дозволяють персоніфікувати навчальний матеріал, адаптувати його до навчальних потреб студента. Г.Раш визначає адаптивне навчання як спосіб організації навчального процесу з врахуванням індивідуального рівня підготовки студента до початку навчання або в процесі навчання. Однією з форм адаптивного навчання є тестування. Адаптивний тест представляє собою варіант автоматизованої системи тестування, у якій заздалегідь відомі параметри складності та диференціальної здатності кожного завдання.

Для того, щоб вибрати завдання конкретному студенту, будується індивідуальний графік кожного студента, який представляє собою функціональну залежність поточного питання від правильності відповіді студента на попереднє питання [1-2]. На даний час виділяють три варіанти адаптивного тестування. Перший називається пірамідальним тестуванням. При відсутності попередніх оцінок всім дається завдання середньої складності і вже потім, у залежності від відповіді, кожному дається завдання легше чи важче. Другий варіант – flexilevel-контроль, який починається з рівня складності, який обирає саме той, хто проходить тестування, з поступовим наближенням до реального рівня знань. Третій варіант – stradaptive тестування (від англ. stratified adaptive), коли тестування проводиться за допомогою банку завдань, розділених за рівнями складності. При правильній відповіді наступне завдання береться з верхнього рівня, при неправильному – з нижнього [2-3].

Дослідженню теоретичних та практичних аспектів комп'ютерного адаптивного навчання і тестування присвячено багато робіт [наприклад, 2-8], разом з тим, дослідження методики розробки адаптивних навчальних тестів з вищої та прикладної математики та індивідуалізації навчання на основі результатів тестування на сьогодні лишається актуальним, оскільки рівень знань випускників шкіл продовжує катастрофічно знижуватися, при цьому зберігається тенденція зменшення аудиторної кількості годин, виділених на вивчення математики у вищих технічних навчальних закладах для студентів нематематичних спеціальностей, та збільшення частки матеріалу, винесеної на самостійне опрацювання. В таких умовах саме адаптивні навчальні системи тестування можуть допомогти ліквідувати прогалини у базовій підготовці, привчити студентів до систематичної самостійної роботи та компенсувати недостатню кількість годин, виділених на індивідуальне спілкування студентів з викладачем.

**Постановка задачі.** Однією з проблем, що потребує подальшого педагогічного дослідження, є розвиток методики використання адаптивних навчальних тестів та подальше вдосконалення алгоритмів таких тестів. На нашу думку, систематичне застосування у навчальному процесі адаптивних навчальних тестів є найбільш ефективним за умови використання результатів такого тестування для формування індивідуально підібраних для кожного студента навчальних матеріалів, розроблених з використанням технології «мікронавчання» або «microlearning». Принцип microlearning (мікронавчання) полягає в тому, що матеріал вивчається невеликими, але повноцінними порціями. Метою даної статті є аналіз методичних особливостей застосування адаптивних навчальних тестів з математики для побудови індивідуальної освітньої траєкторії з використанням технології мікронавчання та вдосконалення алгоритму та змісту адаптивного тесту.

**Результати роботи.** При використанні технології навчання, яка відрізняється від традиційної, насамперед виникає питання про те, наскільки виправданими та корисними є впроваджені зміни. Перш за все зазначимо, що ефективність застосування тестування одразу після вивчення чергової порції навчального матеріалу була доведена експериментально у багатьох дослідженнях. Наприклад, у експерименті Г.Л.Родігера та Д.Д.Карпіке [9] три групи студентів читали прозовий текст, багатий на факти. Перша група читала текст тільки один раз і після цього тричі проходила тестування, друга група читала уривок три рази, потім тестувалася один раз, а третя група не проходила тестування взагалі, при цьому перечитувала текст чотири рази. Після вивчення тексту всі піддослідні двічі проходили фінальне тестування – через п'ять хвилин після вивчення та через тиждень. При першому тестуванні найкращі результати були у третьої групи, а найгірші у першої, але через тиждень результати виявилися прямо протилежними – студенти, які більше за всіх тестувалися, були найкращими, а ті, хто тільки перечитував текст – найгіршими. Відзначимо, що фінальне тестування на обмежувалося тестами закритого типу, треба було також дати розгорнуті відповіді на питання.

Інший експеримент, проведений у 2015 році доктором Феліксом Каппом з Дрезденського технічного університету [10], полягав у наступному. Студентам було запропоновано опрацювати 16 підрозділів онлайн-підручника з основ інтелектуальної власності. Студенти першої групи отримували одне запитання після вивчення кожного наступного підрозділу, студенти другої групи отримували чотири запитання після вивчення блоку з чотирьох підрозділів, а студенти третьої групи вивчали вісім підрозділів і тільки після цього отримували вісім запитань. Таким чином всі студенти вивчали 16 підрозділів і відповідали в процесі вивчення на 16 питань. Після вивчення підручника студенти виконували контрольний тест, який містив 24 запитання. 16 запитань цього тесту (частина А) представляли собою запитання за розділами, 8 запитань (частина В) – запитання стосовно зв'язку між розділами. В експерименті приймав участь 61 студент. За результатами контрольного тесту перша та друга групи показали кращі результати, ніж третя група студентів, при цьому студенти з першої групи, які закріплювали матеріал одразу ж після вивчення, відповідали на запитання частини А значно швидше, ніж студенти з другої та третьої груп.

Отже, тестування одразу після опрацювання матеріалу загальмовує процес забування, покращує систематизацію знань та вміння їх застосовувати. При цьому таке тестування, вочевидь, буде більш ефективним, якщо зміст тесту чітко відповідає темі лекційного або практичного заняття, а рівень складності тестових питань підбирається індивідуально для кожного студента, тобто тест є адаптивним. Відповідний алгоритм адаптивного тесту з вищої математики та методика його застосування, на нашу думку, повинні задовольняти наступним вимогам.

1. Навчальний матеріал з вищої математики має чітку логічну послідовність, жодну частину з певного алгоритму чи ланцюга послідовних міркувань не можна видалити або переставити місцями з іншою. У зв'язку з цим для багатьох тем адаптивний тест має опрацьовувати за один раз декілька блоків контенту у певній послідовності, при цьому вибір питань іншого рівня складності або питань з взаємопов'язаних минулих тем з метою повторення має відбуватися у межах поточного блоку навчального матеріалу. Крім того, не завжди можливо скласти тестові питання всіх трьох різних рівнів складності для кожної частини навчального матеріалу (це проблема content balancing – балансу контенту, яка розглядається у [8] на прикладі тестування школярів на вміння виконувати арифметичні операції). У такому випадку навчальний адаптивний тест все одно повинен опитувати за всіма змістовими блоками, без прогалин, за бажанням викладача складність питання можна підвищити, наприклад, додавши обмеження у часі.

2. Якісне опрацювання курсу вищої та прикладної математики спирається на базові шкільні знання, проте рівень знань з елементарної математики у багатьох студентів першого курсу є низьким. На нашу думку, причина, зокрема, полягає в тому, що сучасні школярі мають труднощі з довгостроковим запам'ятовуванням математичних теоретичних знань та їх подальшим використанням, тому актуалізацію базових знань з елементарної математики доцільно проводити регулярно впродовж всього вивчення курсу вищої та прикладної математики. Зауважимо, що практика додаткового читання викладачами ВНЗ стислого курсу елементарної математики на початку першого семестру виявилася не дуже ефективною, багато науковців з різних навчальних закладів України свого часу констатували, що проведення таких занять, на жаль, не призводить до бажаного поліпшення базового рівня математичної підготовки. Таким чином, адаптивний навчальний тест для більшості тем повинен починатися з актуалізації опорних знань з елементарної математики, тобто перші питання тесту стосуються саме тих розділів шкільного курсу, які необхідні для засвоєння конкретної поточної теми курсу вищої математики.

3. При розробці тесту потрібно створити достатньо великий банк питань. При цьому часто виникають схожі однотипні питання, які відрізняються, наприклад, лише числовими коефіцієнтами. Подібні питання мають, як правило, однаковий рівень складності, а отже, потрібно враховувати можливість випадкового вибору таких завдань підряд одне за одним. Щоб запобігти такій ситуації, доцільно об'єднати подібні питання у кластери і заборонити програмі адаптивного алгоритму вибирати два питання одного кластеру підряд.

4. Опрацювання адаптивного тесту відбувається в основному у час, відведений для самостійної роботи студентів. Якщо результати такої роботи контролювати не дуже часто або не контролювати взагалі, то є ризик того, що студенти взагалі не будуть регулярно працювати з навчальним тестом. З іншого боку, якщо контроль за виконанням такої самостійної роботи є занадто жорстким, студенти можуть шукати можливість списати, скористатися сторонньою допомогою, зламати банк питань, зібрати дані про правильні відповіді на питання тощо. Отже, щоб мотивувати студентів, потрібно під час аудиторних занять систематично проводити невеликий за обсягом письмовий контроль, зміст завдань якого пов'язаний з поточним адаптивним навчальним тестом або генерується таким тестом індивідуально для кожного студента в залежності від результатів його роботи. Для зменшення ймовірності зловживань з боку непідготовлених студентів доцільно апробовані завдання, для яких підтверджено однаковий рівень складності, розбивати на дві частини, одна з яких використовується для студентів з низьким і середнім рівнем підготовки, а інша – для студентів високого рівня. Таким чином, добре встигаючі студенти не мають змоги розголошувати іншим правильні відповіді на тестові питання. Крім того, бажано, щоб програма адаптивного тестування виявляла і повідомляла викладачу випадки, коли студент при роботі з тестом дає значну (у порівнянні з ймовірністю вгадування намання) кількість правильних відповідей у рекордно короткий час, що свідчить про можливе нечесне проходження тесту. Взагалі внесення до алгоритму роботи програми засобів фіксації та аналізу хронометражу роботи студентів, на нашу думку, є перспективним напрямом подальшого вдосконалення адаптивного тестування. Один з прикладів аналізу часової динаміки поведінки студента при тестуванні наведено в роботах [11-12], на жаль, як відзначається у [11], запропонований метод добре підходить для таких тестів, коли потрібні швидкі відповіді без додаткового розв'язання задач, для інших областей тестування він потребує істотного доопрацювання.

5. При створенні якісних тестових завдань з математики важливе значення має проведення дистракторного аналізу. Дистрактором (від англ. to distract – відволікати) називається неправильна, але правдоподібна відповідь у завданнях з вибором однієї або декількох правильних відповідей. Зробити неправильні відповіді правдоподібними – одна з важливих задач розробника тестів [13]. При цьому при створенні тестового завдання з вищої математики потрібне врахування типових помилок. На нашу думку, на етапі створення та апробації тесту доцільно кожну групу типових схожих завдань розбити на дві частини, для однієї частини викладач складає дистрактори, користуючись власним досвідом, і ці питання вносяться в комп'ютерний тест, завдання іншої частини пропонуються студентам для аудиторного розв'язання під час поточного письмового контролю, про який йшла мова вище, при цьому при «ручному режимі» перевірки знань завдання видаються у відкритій формі, без варіантів відповідей. Викладач після перевірки робіт має змогу зафіксувати найчастіше повторювані невірні відповіді і використати їх у подальшому в електронному адаптивному тесті у якості дистракторів. Зауважимо, що корисною інформацією є аналіз розподілу за рівнями підготовки студентів, які вибрали конкретний дистрактор при електронному тестуванні. Можливість такого аналізу може бути вбудована безпосередньо у алгоритм програми адаптивного тесту.

6. Для психологічної підтримки слабких студентів та створення позитивного емоційного фону доцільно роботу адаптивного навчального алгоритму спрямовувати так, щоб за наявності великої кількості помилок студент періодично отримував знайому і зрозумілу для себе задачу, з якою гарантовано може впоратись. Правильне розв'язання таких задач не враховується програмою при виборі рівня складності наступних питань.

За результатами проходження адаптивного тестування формується індивідуальний профіль студента, в якому відображається, які саме теми курсу та на якому рівні були опрацьовані, ці дані змінюються та доповнюються впродовж семестру, і викладач має змогу використати цю інформацію для додаткового оберненого зв'язку. Метою проведення адаптивного тестування за темою лекційного або практичного заняття через короткий проміжок часу після відповідного аудиторного заняття є не оцінювання студента певною кількістю балів, а закріплення навчального матеріалу та визначення додаткових методичних матеріалів, підібраних індивідуально для кожного конкретного студента. При цьому, на нашу думку, при створенні таких навчальних матеріалів ефективним є застосування технології мікронавчання. Мікронавчання є відносно новою освітньою технологією, яка активно обговорюється та досліджується [наприклад, 14, 15 та ін.]. Мікронавчання стосується відносно невеликих навчальних одиниць та короткострокової навчальної діяльності [16]. Зауважимо, що не можна вважати технологією мікронавчання поділ складного навчального матеріалу на короткі частини і перегляд цих частин по черзі (це принцип сегментації [17], який також є корисним у електронному навчанні). *Microlearning* – це навчальна стратегія, у якій незалежні навчальні одиниці працюють зі спільною метою і виступають складовою частиною більш широкої картини [18]. Зазначимо, що мікронавчання нездатне повністю замінити собою традиційний підхід, оскільки виключно за цією технологією неможливо досягти глибокого розуміння складного навчального матеріалу, переваги мікронавчання полягають у тому, що короткі концентровані порції навчального матеріалу полегшують повторення, зменшують проблему недостатньої концентрації уваги на тривалий час, яка притаманна багатьом слабо підготовленим студентам під час самостійної роботи. На нашу думку, використання мікронавчання найбільш ефективно тоді, коли зміст навчального матеріалу і рівень складності його викладення є індивідуально підібраними для конкретного студента і відповідають наявним труднощам у вивченні курсу.

**Висновки.** У даній роботі пропонується *поєднання* традиційного навчання під час аудиторних занять, адаптивного тестування та мікронавчання, що дозволяє підвищити ефективність вивчення курсу та рівень засвоєння матеріалу. В статті проаналізовано основні вимоги до створення та застосування адаптивних навчальних тестів з вищої та прикладної математики. Запропонована методика дозволяє реалізувати індивідуальний підхід у навчанні, відібрати для самостійного опрацювання саме той навчальний матеріал, який необхідний конкретному студенту у даний момент часу. Використання при створенні методичних розробок технології мікронавчання дозволяє покращити результати самостійної роботи. Недоліком описаної методики є значний час, який потребує розробка адаптивних тестових систем та створення навчального контенту, проте орієнтація тесту на зміст окремих занять дозволяє запровадити цю систему для окремих тем з самого початку її розробки. В подальшому передбачається апробація описаної методики та статистичний аналіз отриманих результатів.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Rash G. Probabilistic Models For Some Intelligence and Attainment Tests / G.Rash // Copenhagen: Danish Institute for Educational Research, 1960. – 184p.
2. Федорук П.І. Адаптивні тести: загальні положення / П.І.Федорук // Математичні машини і системи. – 2008. – № 1. – С.115-127.

3. Лендюк Т.В. Моделювання комп'ютерного адаптивного навчання і тестування / Т.В.Лендюк // Праці Одеського політехнічного університету. – 2013. – Вип. 1 (40). – С.110-115.
4. Белоус Н.В. Модель адаптивного контролю знань / Н.В.Белоус, И.В.Куцевич // Радіоелектроніка, інформатика, управління. – 2010. – № 1. – С.39-45.
5. Микитенко П.В. Реалізація адаптивного тестування засобами комп'ютерно орієнтованих технологій освітніх вимірювань / П.В. Микитенко // Науковий часопис НПУ ім. М.П.Драгоманова. –2013. – Вип. 43. – Серія 5. – С.141-148.
6. Кравченко О.В. Аспекти формування тестів для контролю знань в системі адаптивного навчання / О.В.Кравченко, Ж.М.Плакасова // Штучний інтелект. – 2010. – № 4. – С.576-583.
7. Артамонов Є.Б. Методика розробки адаптивних електронних навчальних курсів / Є.Б.Артамонов, І.Ф.Кашкевич // Проблеми інформатизації та управління. –2016. – 1 (53). – С.14-17.
8. Weiss D.J. Computerized Adaptive Testing for Effective and Efficient Measurement in Counseling and Education / D.J.Weiss // Measurement and Evaluation in Counseling and Development. – July, 2004. – Vol. 37. – P.70-84.
9. Roediger H.L. Test-enhanced learning: taking memory tests improves long-term retention / H.L.Roediger, J.D.Karpicke // Psychol. Sci. – 2006 Mar. – 17 (3). – P.249-255.
10. Distributing vs. Blocking Learning Questions in a Web-Based Learning Environment / F.Kapp, A.Proske, S.Narciss, H.Korndle // Journal of Educational Computing Research. – 2015. – Vol. 51, Issue 4. – P.397-416.
11. Щербина Д.Н. Повышение эффективности контроля знаний студентов на основании анализа последовательности решения тестовых заданий / Д.Н. Щербина // Образовательные технологии и общество. – 2016. – № 4. – С. 46-363.
12. Щербина Д.Н. Стратегии прохождения тестов знаний, выявленные методом хронометрии просмотра вариантов ответа / Д.Н.Щербина // Валеология. – 2015. – № 4. – С.112-121.
13. Аванесов В.С. Применение тестовых форм в e-learning с проведением дистракторного анализа / В.С.Аванесов // Образовательные технологии. – 2013. – № 3. – С.125-135.
14. Fiedler S. Adapting to changing landscapes in education. Micro-media & e- Learning 2.0: Gaining the Big Picture / S.Fiedler, B.Kieslinger // Proceedings of Microlearning Conference 2006. – Innsbruck: Innsbruck University Press, 2006. – P.78-89.
15. Hug T. Didactics of Microlearning: Concepts, Discourses and Examples / Hug T. – Münster: Waxmann Verlag. – 2007. – 424p.
16. Souza M.I. Educational Microcontent for Mobile Learning Virtual Environments / M.I.Souza, S.F.Amaral // Creative Education. – 2014. – № 5. – P.672-681.
17. Clark R.C. E-learning and the science of instruction: proven guidelines for consumers and designers of multimedia learning (3<sup>nd</sup> ed.) / R.C.Clark, R.E.Mayer // San Francisco CA, US: Pfeiffer John Wiley & Sons, 2011. – 502p.
18. Micro Learning: A Modernized Education System / O.Jomah, A.K.Masoud, X.P.Kishore, S.Aurelia // BRAIN. Broad Research in Artificial Intelligence and Neuroscience. – 2016. – V. 7, № 1. – P.103-110.
19. Федорук П.І. Адаптивні тести: статистичні методи аналізу результатів тестового контролю знань / П.І.Федорук. – Математичні машини і системи. – 2007. – № 3, 4. – С.122-138.

*Надійшла до редколегії 05.06.2018.*