

## АНАЛІЗ СТРУКТУРИ ЗНАНЬ З ФІЗИКИ СТУДЕНТІВ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ВХІДНОГО КОНТРОЛЮ

*Представлені результати аналізу вхідного тестування з фізики студентів першого курсу технічного університету. Аналіз проведений на основі Item Response Theory за допомогою обчислення інформаційної функції. Зроблені висновки стосовно структури знань та умінь студентів та стисло описана структура компенсаційно-вирівнювального курсу.*

**Ключові слова:** вхідне тестування, Item Response Theory, інформаційна функція, наступність, компенсаційно-вирівнювальної курс.

**Постановка проблеми.** Ефективне засвоєння знань і способів діяльності відбувається тільки тоді, коли ці знання й уміння знаходяться в області найближчого розвитку особистості. Оскільки вивчення курсу загальної фізики в технічному університеті на більшості факультетів розпочинається в першому семестрі, то зона найближчого розвитку студентів визначається тими базовими знаннями й уміннями, які вони набули, навчаючись у школі, і проявили при зовнішньому незалежному оцінюванні (ЗНО). Загальне уявлення про рівень підготовленості школяра до подальшого навчання у ВНЗ можна одержати за результатами зовнішнього незалежного оцінювання (ЗНО), однак по-перше, з них не можна зробити висновків про структуру знань та умінь кожного конкретного студента, по-друге, як показує досвід, навіть ті знання, які були виявлені на ЗНО, студенти доволі швидко забувають.

Виявити актуальну структуру знань студента на початку вивчення курсу фізики повинен вхідний контроль. Для викладачів результати контролю дають інформація про структуру знань кожного студента і дозволяють планувати роботу з усунення виявлених недоліків підготовки, отже, більш повно реалізовувати принцип наступності. Контроль є важливим і для студентів – він дозволяє самому студенту порівняти вимоги до його знань та умінь з їх дійсним рівнем і на основі цього корегувати свою пізнавальну діяльність і досягти необхідного рівня підготовки.

Останнім часом для вхідного, поточного, підсумкового та рубіжного контролю використовують тестові форми, це забезпечує його технологічність, об'єктивність та оперативність. Практика роботи свідчить, що тестування значно полегшує роботу викладача і дає можливість при невеликих витратах часу об'єктивно оцінювати знання студентів з широкого кола питань.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Ефективність тестових методик контролю була обґрунтована в роботах С. Архангельського, Н. Талізної, Д. Чернілевського, Ю. Бабанського, В. Безпалька, Т. Ільїної, В. Михеєва та інших. Питання створення та практичного застосування тестів обговорювалися в роботах вітчизняних та зарубіжних вчених В. Аванесова, П. Атаманчука, Р. Гласера, В. Ким, П. Клайна, А. Майорова, О. Ляшенка, Д. Матроса, М. Остапчука, В. Сергієнка, В. Хлебнікова та багатьох інших. У значній кількості науково-методичних публікацій та дисертаційних роботах представлені результати застосування тих чи інших систем тестових завдань, однак серед них практично відсутні роботи з аналізу структури знань та умінь студентів-першокурсників технічних університетів.

**Мета статті** полягає в аналізі результатів вхідного тестування студентів за допомогою сучасних математичних методів обробки статистичних даних і розробці засобів з усунення виявлених недоліків їх базової підготовки.

**Виклад основного матеріалу.** У вищих навчальних закладах найчастіше проводять вхідне, поточне та підсумкове тестування.

*Вхідне тестування* має на меті визначити початковий рівень знань та умінь студентів і на основі цього планувати індивідуальну навчальну діяльність кожного студента, отже, забезпечувати реалізацію принципу наступності і спростити його адаптацію до умов вивчення курсу загальної фізики. Найчастіше для цього використовують критеріально-орієнтовані тести (КОРТ).

Для проведення вхідного тестування нами були використані тестові завдання, які пропонувалися випускникам шкіл при зовнішньому незалежному оцінюванні у 2009 – 2012 роках, та розроблені нами завдання відповідного змісту та рівня складності. Тест включав 21 завдання, з яких 16 були закритого типу (4 завдання з механіки, 3 – з молекулярної фізики, 4 – з електродинаміки, 2 – з розділу "Коливання і хвилі", 3 – з оптики і квантової фізики) та 5 завдань відкритої форми (по одному завданню з механіки, молекулярної фізики, електродинаміки, коливальних процесів, чи геометричної оптики та хвильової оптики і квантової фізики). Завдання на співставлення не включалися в тест.

Вхідне тестування проходили 737 студентів і його результати опрацьовувалися як за класичною, так і за сучасною методикою.

Наріжним каменем класичних методів тестології є припущення про нормальний розподіл показників, за якими оцінюються навчальні досягнення студентів. Основними характеристиками цього розподілу є: середнє арифметичне  $\bar{X}$ , дисперсія  $S_x^2$  або стандартне відхилення  $S_x = \sqrt{S_x^2}$ , асиметрія  $A_S$ , ексцес  $E_s$ , [1].

У сучасних методах тестології вважається, що рівень підготовленості студента та рівень складності завдання є латентними параметрами, які можуть бути визначені на основі статистичних даних. Ці методи ґрунтуються на так званому *латентно-структурному аналізі* (LSA) [2], одним із напрямів якого є математичні методи параметризації тестових завдань, запропоновані G. Rash, і які носять назву Item Response Theory (IRT) [3]. У цій теорії вводяться латентні параметри: підготовленість студента  $\theta_i, i=1, \overline{N}$  ( $N$  – кількість студентів) та складність завдання тесту  $\beta_j, j=1, \overline{K}$  ( $K$  – кількість завдань у тесті) і складена функція, яка дозволяє обчислити ймовірність правильної відповіді  $i$ -того студента на  $k$ -те завдання тесту. За результатами тестування складається дихотомічна таблиця (0 – завдання не виконано, 1 – завдання виконано) і визначають латентні параметри, які виражені в логітах (рівень підготовленості студента – логарифм відношення частки неправильно виконаних завдань до частки правильно виконаних завдань, рівень складності завдання – логарифм відношення частки правильно виконаних завдань до частки неправильно виконаних завдань [4]). Для наочності часто будують характеристичні криві складності завдання та рівня підготовленості студента, тобто, залежності ймовірності правильної відповіді студента від рівня складності завдання чи від рівня підготовленості самого студента.

У однопараметричній моделі Г. Раша диференціювальна здатність усіх завдань вважається однаковою. Це заважає відбору найбільш ефективних завдань при конструюванні тесту. Тому модель Г. Раша була уточнена А. Бірнбаумом [5] (двохпараметрична модель), який ввів додатковий параметр  $\alpha_{j,j} = 1, \overline{K}$  – диференціювальну здатність завдання. Цей параметр **вказує на міру структурованості знань студента**.

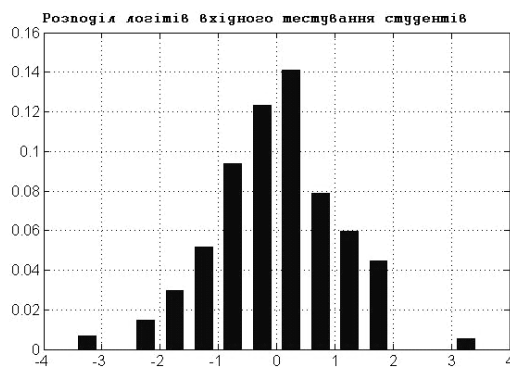
Найбільш сильним аргументом на користь використання IRT є можливість обчислення інформаційної функції, яка дозволяє підвищити ефективність тестових вимірювань, виходячи з диференційованої оцінки кожного завдання при оцінюванні рівня підготовленості студентів. Згідно А. Бірнбауму [5] кількість інформації, яка забезпечується  $j$ -м завданням тесту в даній точці  $\theta_i$  – це величина, обернено пропорційна стандартній похибці вимірювання даного значення  $\theta_i$  за допомогою  $j$ -го завдання. Завдання є найбільш інформативним, якщо його складність приблизно дорівнює рівню підготовленості студента.

Обчислення статистичних параметрів тестування за класичною методикою, які представлені в табл. 1, показали, що тест є доволі збалансованим (асиметрія близька до нуля), середній бал близький до половини максимально можливого, але крива розподілу є гостровершинною (ексцес позитивний), тобто більшість студентів одержували оцінки близькі до середніх. Додатково обчислювався коефіцієнт альфа Кронбаха, доволі високе значення якого свідчить непогану внутрішню узгодженість тесту.

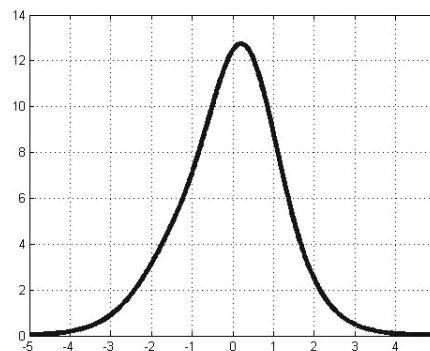
Таблиця 1

Середній бал	10.4695
Дисперсія	19.4668
Стандартна похибка	4.4121
Асиметрія	0.015
Ексцес	2.0667
$\alpha$ Кронбаха	0.7893

При опрацюванні даних тестування за сучасною методикою обчислювалися рівень підготовленості студентів, виражений в логітах (розподіл показаний на мал. 1), та інформаційна функція як тесту в цілому (мал. 2), так і окремих завдань.

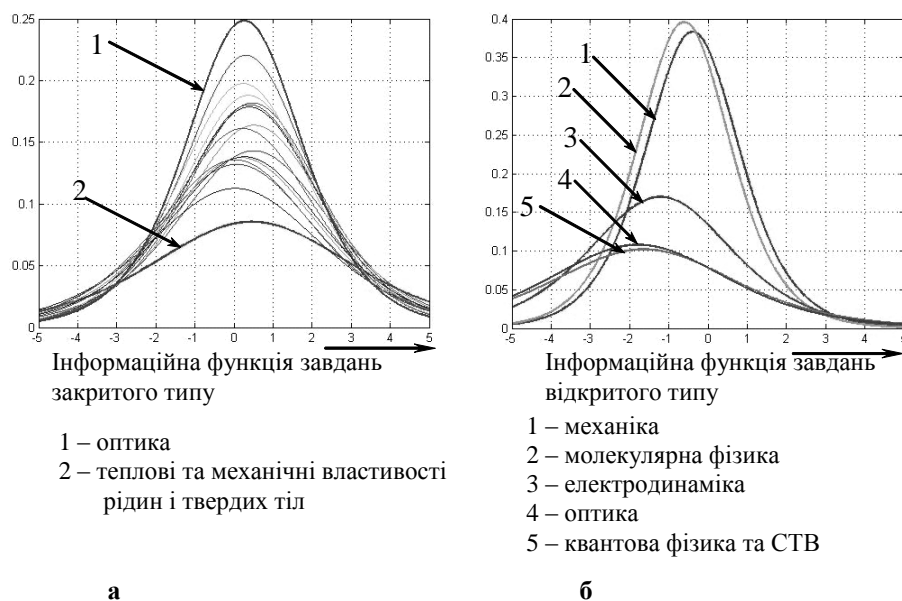


Мал. 1



Мал. 2

Як і слід було очікувати, тестові завдання закритого типу (з вибором відповіді з числа запропонованих) у цілому мають менший рівень складності (мал. 3а), ніж завдання відкритого типу (мал. 3б), в яких студентам треба самостійно ввести відповідь. Це й не дивно, оскільки завдання відкритого типу є фізичними задачами, а як відомо – розв'язування фізичних задач є одним з найскладніших різновидів діяльності як для школярів, так і для студентів.

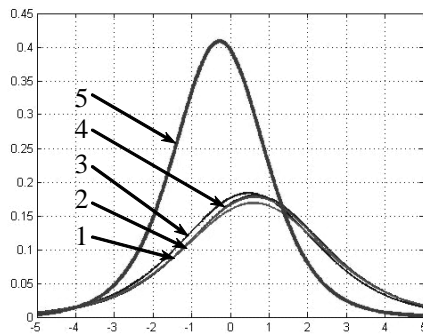


Мал. 3

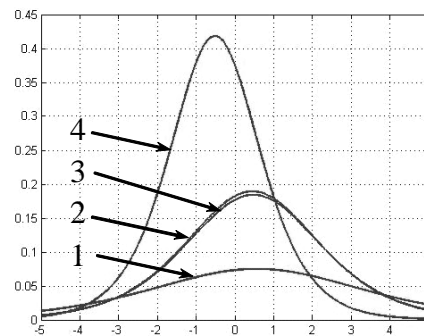
Якщо для певного завдання тесту інформаційна функція широка і має мале значення в максимумі, то це є ознакою його низької диференціовальної здатності, тобто, студенти дають широкий спектр відповідей на дане завдання, що скоріш за все зумовлене слабким володінням студентами даним матеріалом, відтак і спробами просто вгадати. Аналіз відповідей студентів показав, що інформаційна функція для завдань закритого типу має найбільше значення по темі "Оптика", а найменше – по темі "Теплові та механічні властивості рідин та твердих тіл" (мал. 3а). Що ж стосується завдань відкритого типу, то студенти найкраще можуть розв'язати задачі з розділів "Механіка" та "Молекулярна фізика", а найгірше – з розділів "Оптика" та "Квантова фізика та спеціальна теорія відносності" (мал. 3б). Аналіз інформаційних функцій з окремих розділів вхідного тестування (мал. 4) показав, що для розділів "Механіка" та "Молекулярна фізика" студенти краще виконують завдання відкритого типу, ніж закритого, а для розділів "Коливання і хвилі" та "Оптика" і "Квантова фізика" – навпаки. Таким чином, виявляється, що уміння розв'язувати задачі, які учні набули в 9-му та 10-му класах краще збереглися в пам'яті, а ніж ті, що повинні були бути набуті в 11-му класі. Це можна пояснити тим, що при підготовці до ЗНО, учні 11 класу мають більше часу для набуття навичок розв'язувати задачі відкритого типу з розділів, які вивчалися в 10 класі, у той час, як на останні розділи не вистачає часу для повторення і закріплення.

Загальна картина вхідного тестування демонструє, що близько 60% студентів набирають невисокий бал, який знаходиться в межах від 100 до 170 балів відповідно до таблиці переведення тестового балу ЗНО, і складають групу студентів, які мають низку проблем при навчанні у ВТНЗ.

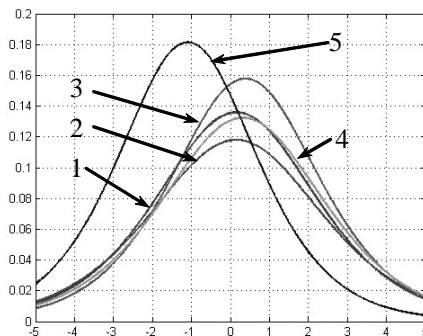
Для з'ясування, у чому полягають суб'єктивні проблеми при навчанні у ВТНЗ ми провели анкетування студентів першого курсу Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут", Національного авіаційного університету, Подільського державного аграрно-технічного університету, Державної льотної академії (м. Кіровоград) на 8 тижні навчання. Аналіз результатів анкети показав, що студенти зіткнулися з труднощами при вивченні загальної фізики у ВТНЗ, які пов'язані з: необхідністю запам'ятовувати і відтворювати великі обсяги інформації; недостатньо сформованими знаннями та вміннями в школі з фізики; складністю підручників і посібників; зміною змісту і методів навчання у ВТНЗ у порівнянні зі школою; невмінням розподіляти свій робочий час; необхідність перебудови закладених школою звичок та вмінь навчальної роботи. Найбільше труднощів за відповідями студентів виникає з: розв'язуванням задач на практичних заняттях; виконанням і захистом лабораторних робіт; виконанням і захистом модульних контрольних робіт. Тобто, у студентів виникають проблеми під час занять, де необхідно застосувати теоретичні знання для потреб практики.



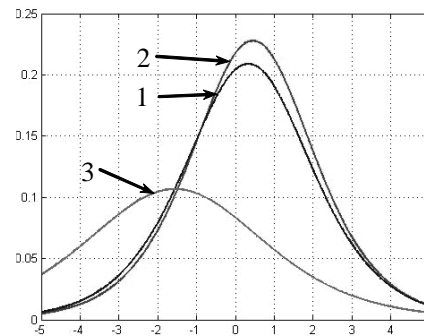
Розділ «Механіка»  
 1 – 4 завдання з вибором відповіді  
 5 – завдання відкритого типу



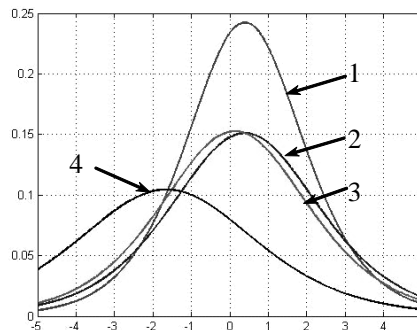
Розділ «Молекулярна фізика»  
 1 – мех. та тепл. властивості  
 2 – МКТ, газові закони  
 3 – термодинаміка  
 4 – завдання відкритого типу



Розділ «Електродинаміка»  
 1 – 4 завдання з вибором відповіді  
 5 – завдання закритого типу



Розділ «Коливання і хвилі»  
 1, 2 – завдання з вибором відповіді  
 3 – завдання закритого типу



Розділ «Оптика і квантова фізика»  
 1 – 3 – завдання з вибором відповіді  
 4 – завдання закритого типу

Мал. 4

Результати вхідного тестування та результати анкетування показують, що має місце порушення одного з ключових принципів дидактики – принципу наступності. На усунення проблеми наступності загальноосвітньої та вищої технічної школи впливають сучасні реалії організації навчального процесу в ВТНЗ де близько 60 % навчального часу винесено на самостійну роботу студентів. Академік В.М. Локтев зазначає, що "за наявної кількості годин на фізику навіть наполегливий студент, як правило, не встигає впорядкувати свої знання, і вони залишаються несистематизованими й уривчастими. Ситуація ще більше ускладнюється й тим, що все менше годин вдається відвести на практичні заняття, а безпосереднє викладання фізики починається з перших днів 1-го семестру, коли студенти ще не опанували необхідний математичний апарат" [6]. Тому аудиторного часу для вирішення проблеми наступності навчання фізики немає і необхідно більш раціонально використовувати час, відведений на самостійну роботу.

Наявність проблем у студентів першого року навчання ВТНЗ необхідно зменшувати. Тому виникає потреба в створенні методичних підходів і засобів для усунення недоліків навчання за програмою загальноосвітньої школи та виконання оперативної підготовки студентів першого курсу до мінімально необхідного рівня для засвоєння курсу загальної фізики на засадах наступності двох освітніх систем загальноосвітньої та вищої технічної, які були б гармонійними складовими єдиного навчально-методичного комплексу кафедри загальної фізики сучасного вищого технічного навчального закладу.

Для розв'язання проблеми реалізації принципу наступності навчання фізики у ВТНЗ ми впровадили в процес самостійного навчання студентів компенсаційно-вирівнювальний курс (КВК) з фізики, метою якого є усунення прогалин попереднього етапу навчання і в формуванні вмінь застосовувати набуті теоретичні знання для потреб практики. Для підтримки КВК з фізики нами розроблене методичне забезпечення, яке розміщене на сайті Українського інституту інформаційних технологій в освіті НТУУ "КПІ" (<http://uiite.kpi.ua>) і складається з: електронного посібника "ФІЗИКА:вчимося розв'язувати задачі (для випускників середніх шкіл та студентів молодших курсів)", системи дистанційної тестової перевірки засвоєння матеріалу, а також стимуляторів лабораторних робіт.

Систематична керована викладачем самостійна робота студентів у межах КВК дозволила студентам повторити теоретичний матеріал не тільки з фізики, а й з математики, набуті знань відносно методичних підходів до розв'язування задач з фізики, закріпити набуті знання за допомогою тестування. Робота з симуляторами лабораторного практикума дозволила студентам краще зрозуміти логіку експерименту і ознайомитися з особливостями лабораторного обладнання, яке буде використовуватися у лабораторному практикумі в лабораторії.

Результати впровадження КВК з фізики в освітній процес ВТНЗ показують те, що більшість студентів поліпшує успішність навчання. Висновки про поліпшення зроблені за спостереженнями викладачів, анкетуванням студентів та результатами екзамену з курсу загальної фізики.

#### Використані джерела

1. Паращенко Л.І., Леонський В.Д., Леонська Г.І. Тестові технології у навчальному закладі : Метод. посібник / Л.І. Паращенко, В.Д. Леонський, Г.І. Леонська; Наук. ред. О.І. Ляшенко – К.: [ТОВ "Майстерня книги"], 2006. – 217 с.: іл. 21
2. Lord F.M. & M. Novick. Statistical Theories of Mental Test Scores. Reading, MA: Addison-Wesley, 1968. – 560 p.
3. Rasch G. Probabilistic models for some intelligence and attainment tests. Copenhagen: Danish Institute for Educational Research. – 1960. – 126 p.
4. Аванесов В. МЕТРИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ГЕОРГА РАША – RASCH MEASUREMENT (RM) [Електронний ресурс] / В. Аванесов. – Режим доступу: <http://testolog.narod.ru/Theory68.html>
5. Birnbaum A. Some Latent Trait Models and Their Use in Inferring and Examinee's Ability. In Lord F.M., Novick M. Statistical Theories of Mental Test Scores. Addison-Wesley Publ. Co. Reading, Mass, 1968. – P. 397-479.
6. Локтев В.М Чи може інженер недостатньо знати фізику? [Електронний ресурс] / В.М. Локтев. – Режим доступу: <http://kpi.ua/828-4>

*Podlasov S.O., Matviichuk O.V.*

#### THE ANALYSIS OF STRUCTURE OF KNOWLEDGE OF PHYSICS OF STUDENTS BY RESULTS OF ENTRANCE CONTROL

*The results of analysis of the entrance testing on physics of first course of technical university students are presented. An analysis is conducted on the basis of Item Response Theory by the calculation of information function. It was made conclusions about the structure of knowledge and skills of students and briefly describes the structure shim leveling course.*

**Keywords:** *entrance testing, Item Response Theory, informative function*

*Стаття рекомендована кафедрою загальної фізики та фізики твердого тіла Національного технічного університету України "КПІ".*

*Стаття надійшла до редакції: 18.04.2013*