

В.П. Вовкотруб, Н.В. Манойленко, Н.О. Ментова  
Кіровоградський державний педагогічний університет

## ВПРОВАДЖЕННЯ ЦИФРОВИХ ВИМІРЮВАНЬ В ШКІЛЬНИЙ ФІЗИЧНИЙ ЕКСПЕРИМЕНТ

Удосконалення і розвиток навчального фізичного експерименту потребує широкого впровадження цифрових засобів і методів вимірювань. Процес характерний рядом чинників, специфічних для різних етапів навчання фізики в школі.

**Ключові слова:** фізичний експеримент, набірне поле, вимірювання, змінний струм, мультиметр, полігон.

Серед пріоритетних напрямків розвитку освіти визначено й запровадження освітніх інновацій та інформаційних технологій; забезпечення та зміцнення матеріально-технічної бази освіти [1]. Це суттєво стосується процесу навчання фізики, як експериментальної науки. Комплексний підхід до розв'язання таких задач враховує відповідність змісту і методів навчання дидактичним принципам і нормам й вимогам ергономіки. Зокрема нами визначено важливість і доцільність широкого впровадження сучасних цифрових вимірювань до навчального фізичного експерименту, чим успішно реалізується ефективність і якість розв'язання ряду проблем: забезпечення читабельності експериментальних установок; відповідності змісту і методів виконання демонстраційних дослідів і експериментальних завдань основній меті; позбавлення змісту експерименту тривалих і громіздких другорядних завдань щодо визначення окремих фізичних величин через прямі їх вимірювання; посилення практичної спрямованості експерименту і ряд інших [2].

Наявність в шкільних фізичних кабінетах окремих цифрових вимірювальних приладів дозволяє виконувати прямі вимірювання фізичних величин, таких як час, силу струму, напругу, опір, частоту електромагнітних коливань. Для цього існують відповідні навчальні демонстраційні прилади, а для виконання лабораторних робіт запропонований шкільний мультиметр. Разом конструкційні характеристики і призначення такого обладнання не передбачає прямих вимірювань ряду фізичних величин, зокрема і електроємності та індуктивності. Нині з'явилися окремі зразки цифрових приладів промислового виготовлення для побутового використання на зразок мультиметрів DT890B<sup>+</sup>, MАС-344, UT 70A тощо. Їхні характеристики значно ширші в порівнянні з шкільним мультиметром, бо дозволяють вимірювати напругу і силу струму в колах змінного струму, а також електроємність, індуктивність, частоту електромагнітних коливань.

Впровадження в навчальний процес з фізики нових технічних досягнень потребує внесення відповідної інформації і до змісту теоретичної частини навчального курсу, що має місце для переважної більшості технічних пристосувань і частини питань прикладного характеру. В даному відношенні характерними прикладом є визначені програмами і відповідно методично і матеріально забезпечені питання вивчення будови і принципів дії аналогових електровимірювальних приладів. Так програмами визначено: вивчення питань про будову і принципи дії електровимірювальних приладів і відповідна інформація наведена в шкільних підручниках; виконання цілеспрямованих лабораторних робіт, зокрема, "Вимірювання сили струму за допомогою амперметра", "Вимірювання електричної напруги за допомогою вольтметра [6, с.41]. То ж заслуговує адекватного підходу і впровадження цифрових приладів.

Нами запропоновано і практикується ознайомлення з цифровими вимірювальними приладами учнів сьомого класу вже при виконанні перших лабораторних робіт. Зокрема при виконанні лабораторної роботи "Вимірювання маси тіла" нами запропоновано використовувати вчителем електронні терези для зважування тіл, запропонованих учням для зважування на важільних терезах. Відповідні дії вчитель виконує під час приймання від учня (ланки) звіту і обладнання. В присутності учня, поклавши на палець електронних терезів тіло, вчитель записує результати зважування в звіт роботи поряд з результатами, одержаними в процесі виконання роботи учнем. Порівняння результатів враховується в процесі оцінювання, сприяючи його об'ек-

тивності. Разом здійснюються перші кроки до формування цілісних уявлень про можливості і особливості цифрової техніки. Також з перших уроків успішно використовуються лабораторні секундоміри і мультиметри з давачами для вимірювання температури. Принципи будови і дії давачів детально розглядають при вивченні питань про джерела і дії струму в основній школі і розширюють уявлення вже в старшій школі. Електричні термометри варто включити до обладнання для виконання завдань визначення температурних залежностей опорів провідників, напівпровідників і інших. Датчики-термопари зручніше розташовуються в потрібних місцях експериментальних установок, тоді як більшість моделей лабораторних термометрів не дозволяють цього зробити за невідповідності їхніх і відповідних характеристик експериментальних установок, чи їх частин. Варто зауважити, що ряд експериментальних завдань в старшій школі потребує якісніших результатів вимірювання температури, яке не забезпечується за використання в якості давачів термопар чи напівпровідникових термісторів. Відповідно, бажано придбати чи виготовити термометр з металевим д्रोутним давачем, запропонований нами [3, с.224-227]. Доцільно виготовити кілька давачів і стаціонарно закріпити в модулях чи вузлах експериментальних установок, наприклад, приладах для вивчення газових законів, визначення окремих фізичних сталих, тощо.

Формування цілісних уявлень про фізичні основи будови і дії цифрових вимірювальних приладів і пристосувань потребує комплексного підходу. В теоретичному плані нами визначено за доцільне включити до змісту курсу ряд питань і відомостей. Зокрема при вивченні теми "Закони постійного струму" варто за будь-якого рівня вивчення розглянути місток Уїтстона. З теоретичними викладачами варто ознайомити учнів на уроках, що сприятиме свідомому розумінню суті змісту в процесі підготовки і виконання відповідної лабораторної роботи. За браком часу вчитель може обмежитись розв'язанням експериментальної задачі в демонстраційному варіанті з визначення опору провідника мостовим методом. На завершення такого фрагменту доцільно ознайомити учнів з приладом для вимірювання опорів з аналогічним принципом дії, наприклад, індикатором опорів ММВ, виконавши останнім вимірювання опору того ж провідника.

Розширення відомостей здійснюється при вивченні змінного струму через ознайомлення учнів з мостовим методом вимірювання ємності конденсатора і індуктивності котушки. Встановлення аналогії з уже знайомими відомостями сприяє швидкому усвідомленню суті методу. Тепер на завершення фрагменту учнів ознайомлюють з цифровим приладами, в основі будови і дії яких використані вже відомі принципи вимірювань ємності і індуктивності мостовим методом, або за опором змінному струму.

Формування цілісних уявлень не можлива без ознайомлення учнів із найзагальнішими основами будови і дії електронно-обчислювальної техніки в процесі вивчення теми "Електричний струм в різних середовищах" і виконанні роботи фізичного практикуму, на зразок запропонованої раніше [5, с.117-122], але організованим виконанням на сучаснішій елементній базі [8]. Разом важливо в процесі вивчення теоретичного матеріалу ознайомити учнів з призначенням і продемонструвати роботу такими вузлами цифрової техніки як перетворювачами кодів та вузлами відображення інформації: пифраторами, депшифраторами, цифровими індикаторами тощо.

В практичному плані використання цифрових вимірювальних приладів доцільне на кожному етапі вивчення

фізики. Особливо важливо відмітити це з позицій реалізації дидактичного принципу науковості навчання через досягнення належної точності вимірювань. Зокрема це чітко проявляється в процесі експериментального відтворення змісту при вивченні електромагнітних коливань. Так виконання більшості визначених програмами демонстрацій [9, с.55] за традиційних методів розкриває визначений метою зміст переважно на якісному рівні, бо навіть вказані номінали на батареї конденсаторів і у паспортних даних не є точними і тому одержані експериментальні результати не співпадають з розрахованими. Відповідно виникає необхідність вимірювання ємності конденсатора, індуктивності котушки, активного опору частин кола, частоти змінного струму. На жаль лише для вимірювання частоти і активного опору можуть існувати відповідні прилади в фізичному кабінеті в якості демонстраційного вольтметра-омметра та генератора звукових коливань з цифровим частотоміром. Прямі вимірювання елементів електричної ємності і індуктивності можливі лише вказаними вище типами мультиметрів, що не забезпечує умови належної читабельності демонстрації для всіх учнів класу. Та все ж виконання таких вимірювань забезпечує належну якість кількісних вимірювань і якість виконання демонстрацій в цілому.

Вагомим значення набуває використання цифрової техніки до виконання експериментальних завдань учнями. Окрім визначених раніше проблем і варіантів їх розв'язання варто уваги ті, що пов'язані з експериментальним відображенням змісту питань про змінний електричний струм. В цілому такі завдання пропонувались лише для поглибленого курсу вивчення фізики в якості лабораторної роботи до перевірки закону Ома для кіл змінного струму за інструктивними матеріалами, наведеними в посібнику для факультативних занять. Практично такий варіант організації і постановки роботи не був забезпечений лабораторним джерелом змінного струму і відповідними електровимірювальними приладами. Пропозиції використання приладу АВО-63 знову ж не відповідали ряду вимог ергономіки. Нині шкільні фізичні кабінети поповнюються новими засобами до яких входить і набірне поле "Школяр" [7]. Його використання знімає ряд вагомих проблем, зокрема, з позицій ергономіки забезпечується належна читабельність лабораторних установок, безпека через відсутність умов контактів експериментатора з оголеними ділянками електричних ланцюгів, зручність і комфортність збирання установок через позбавлення турбот щодо добору провідників з необхідними клемми тощо. Учні легко і пavidко опановують вміннями користування таким комплектом разом з електровимірювальними приладами і джерелами живлення. Проте лабораторні роботи до визначених вище питань №№20, 21, 22 і 29 характерні низькою якістю результатів, а отже і не відповідністю вимогам дидактичних принципів і ергономічним вимогам. Важливою особливістю виконання комплексу завдань, охоплених даними роботами, є тісний взаємозв'язок змісту і результатів експериментування, за якими на заключному етапі проводиться перевірка закону Ома для кола змінного струму. Навіть за найретельнішого виконання вимірювань похибка одержаних результатів сягає 50%, що не дає підстав стверджувати справедливості закону. Причини такого стану пов'язані із спрощенням змісту завдання через нехтування активним опором котушки індуктивності, а також не відповідністю номіналів активного опору, ємностей конденсаторів і індуктивностей котушок, якими укомплектовано набір. Уточнення номіналів, вказані в інструкції до лабораторної роботи №21, знову ж мають зовсім велику похибку для використання в експерименті перевірки справедливості законів. Відповідно результати окремих проміжних розрахунків відмінні від істинних на цілий порядок.

Проблеми практично знімаються через комплексне використання набірних полів з цифровими вимірювальними приладами – мультиметрами для вимірювань активного опору, індуктивності, ємності і частоти. Зокрема ми користуємось мультиметрами і для вимірювання сили струму та напруги, точність до сотих частин одиниць значно покращує кінцеві результати.

Перше знайомство учнів з такими засобами і методами вимірювань здійснюється при введенні відповідних

фізичних величин в першу чергу при виконанні демонстраційного експерименту. Так вимірювання електроємності конденсатора здійснюються в десятому класі. Безпосереднє підключення приладу до конденсатора і співставлення результатів вимірювання дозволяє якісно продемонструвати залежність електроємності плоского конденсатора від площі пластин, відстані між ними та властивостей діелектрика між пластинами. Разом, що важливо, показати наявність розбіжності між вимірними і вказаними на конденсаторах номіналами. Остання інформація є досить важливою для подальшого експериментування за аналогічним змістом.

Важливим і необхідним етапом є наступний – розв'язування експериментальних задач, за обмеження обладнання – переважно в демонстраційному варіанті. Зокрема їхній зміст складають такі варіанти завдань: визначити максимальну ємність конденсатора змінної ємності (використовують демонстраційний конденсатор, або ж лабораторні від радіо конструкторів); Визначення електроємності конденсатора містковим методом; визначення сталої гальванометра – як пропедевтичної підготовки до виконання роботи по визначенню електроємності конденсатора за допомогою гальванометра. Плануючи зміст і мету таких завдань, вчитель передбачає які з одержаних результатів будуть використані і внесені до інструктивних матеріалів і змісту наступних експериментальних завдань. Так, наприклад, вимірювання з належною точністю електроємності конденсаторів з комплекту набірних полів вказують в інструкції до роботи практикуму і за потреби наносять на модуль такого конденсатора. Такими кроками розвантажуються обсяг завдань наступного експерименту.

Особливості введення і вивчення індуктивності характерні специфічною особливістю – залежністю значень індуктивності від параметрів котушок і середовища, з чим пов'язана вже відмічена відмінність номіналів від вказаних і зміна їх з часом та умовами використання. То ж в процесі виконання демонстраційних дослідів використання цифрових приладів потребує вимірювання індуктивності однакових котушок кожного разу, бо інколи навіть зміна положення на демонстраційному столі дросельної котушки з осердям від універсального трансформатора викликає зміну індуктивності. Пряме вимірювання індуктивності значно спрощує демонстрацію залежності індуктивності від параметрів котушки і середовища. Корисними для ряду завдань лабораторних робіт будуть наслідки і результати вимірювань індуктивності котушок з комплекту набірне поле, визначення індуктивності мостовим методом, визначення індуктивного опору котушки. Якість вимірювань визначається і точністю значень частоти змінного струму, для чого за відсутності генератора з відповідним цифровим приладом варто скористатись мультиметром, наприклад типу ХВ 868.

Підготовка і виконання роботи практикуму з перевірки закону Ома для кола змінного струму потребує належної ретельності. До змісту роботи необхідно додати завдання прямих вимірювань: активного опору резисторів і котушок індуктивності, електроємностей конденсаторів, індуктивностей котушок, частоти змінного струму джерела. Для вимірювань використовувати цифрові вимірювальні прилади і результати записувати з точністю до сотих одиниць: вольт, міліампер, мікрофарад, мілігенрі, герц. До схеми, запропонованої в інструкції, варто внести ще один резистор, ввімкнений послідовно зі змінним резистором, яким регулюють силу струму і прикладену напругу до розглядуваної ділянки кола. За випадкового короткого замикання такої ділянки унеможливиться коротке замикання джерела струму навіть за повного виведення опору змінного резистора. За відсутності необхідної кількості мультиметрів результати вимірювань виконаних напередодні в процесі розв'язування експериментальних задач пропедевтичного характеру вказують в інструктивних матеріалах, а за для розбіжностей з добром обладнання, доцільніше виконати відповідні маркування на елементах обладнання. За виконаними нами відповідними завданнями з обладнанням п'ятнадцяти набірних полів відносні похибки результатів для повних опорів ділянок кола з активним і реактивними опорами, визначеними за вимірними значеннями сил струму і напруги ділянок кола і разом

розрахованими за номіналами елементів кола і вимірною частотою змінного струму, лежать в межах 8,5%-17%. При цьому спостерігається зростання похибок зі зменшенням номіналів індуктивності.

У випусковому класі доцільно включити до програми фізичного практикуму роботи щодо вивчення, складання і дослідження роботи обчислювального пристрою на зразок запропонованого раніше [8], зміст якого охоплює процеси введення інформації в десятковому коді, шифрування, виконання елементарних операцій, декодування і видачу інформації через семи сегментні індикатори. Обладнанням мають слугувати окремі модулі, забрані на базі відповідних мікросхем, які одночасно використовуються для виконання відмічених вище експериментальних завдань до теми "Електричний струм в різних середовищах".

За ергономічного підходу варті уваги пропозиції щодо проектування, виготовлення і використання лабораторних полігонів. Так нами виготовлено варіанти полігонів з цифровими вимірювальними приладами. Аналогічно до варіанту полігону для ланцюгів постійного струму [4], на полігоні для ланцюгів змінного струму встановлені мультиметри для вимірювань: напруги, сили струму, індуктивності, електроємності, частоти, часу і температури. Проте для окремих виконані вікна над перемикачами роду вимірювань з обмеженнями функцій (переміщень), чим забезпечується перемикачання меж вимірювань лише однієї визначеної величини, зокрема, електроємності, або індуктивності. Остання пропозиція не є необхідною за умови використання мультиметрів з автоматичним визначенням меж, наприклад, типу ХВ 868 для вимірювання електроємності. Знову ж конструкція полігону передбачає і містить відповідні кнопки для одночасного підключення частини приладів до певних ділянок кола з відключенням їх від ланцюгів. Це стосується вимірювань активного опору, індуктивності і ємності. Разом приєднання відповідних елементів до полігону здійснюється спеціальними шнурами зі специфічними птекерами до відповідних роз'ємів, чим унеможливується інші варіанти з'єднань. Також варто відмовитись від спеціально сконструйованого і вмонтованого в полігон живлення для мультиметрів. Доцільніше залишити автономне їх живлення від вмонтованих в корпусах кожного елемента. Разом доцільно коло живлення розірвати і кінці вивести на окремі вимикачі, розташовані поза робочою поверхнею полігону. Такі вимикачі потрібні для ввімкнення живлення вчителем чи лаборантом лише на час виконання роботи.

Також важливо не допускати використання елементів з заниженим значенням напруги так як це негативно впливає на роботу мультиметрів і часто їх повністю псує.

Відмічені пропозиції спрямовані на висвітлення основних тенденцій і чинників впровадження цифрових вимірювальних приладів в систему шкільного фізичного експерименту і не вичерпують інші підходи і варіанти нових доробок, зокрема в процесі інтеграції до експериментального відображення змісту інших природничих дисциплін.

#### Список використаних джерел:

1. *Державна національна програма "Освіта". Україна ХХІ століття.* – К.: Райдуга, 1994. – 61 с.
2. *Вовкотруб В.П.* Ергономіка навчального експерименту. – Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В.Винниченка, 2005. – 308 с.
3. *Вовкотруб В.П.* Ергономічний підхід до розвитку шкільного фізичного експерименту: Монографія. – К., 2002. – 280 с.
4. *Манойленко Н.В.* Формування цілісних уявлень прикладних питань курсу фізики // *Фізика. Нові технології навчання: Збірник наукових праць студентів і молодих науковців.* – Випуск 5. – Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В.Винниченка, 2007. – С.115-119.
5. *Практикум з фізики в середній школі: Дидакт. матеріал: Посібник для вчителя / Л.І.Анциферов, В.А.Буров, Ю.І.Дік і ін.: За ред. В.А.Бурова, Ю.І.Діка.* – 3-є вид., перероб. – К.: Рад. шк., 1990. – 176 с.
6. *Програми для загальноосвітніх навчальних закладів. Фізика. 7-11 класи / Авторський колектив О.І.Бугайов (кер.), Л.А.Загота, Д.Я.Костюкевич, М.Т.Мартинюк.* – К.: Шкільний світ, 2001. – 95 с.
7. *Прокопенко М.М.* Опис лабораторних занять з набірним полем "Школяр". – Житомир, 2005. – 76 с.
8. *Федішова Н.В.* Комплект для вивчення фізичних основ роботи електронно-обчислювальної техніки // *Фізика та астрономія в школі.* – 1999. – №2. – С.23-27.
9. *Фізика. 10-11 класи.* Програми для профільних класів загальноосвітніх навчальних закладів з українською мовою навчання. – Київ: Педагогічна преса, 2004. – 144 с.

The improvement and development of educational physical experiment needs more wide introduction of digital facilities and methods of measurements. A process is characteristic in a number of aspects specific for different stages of teaching to physics at school.

**Key words:** physical experiment, typesetting field, measurements alternating current, multimeters, grounds.

Отримано: 25.10.2007

УДК 372.853

О.В. Волинко

Інститут педагогіки АПН України

### БАГАТОРІВНЕВИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЕКСПЕРИМЕНТ У ШКІЛЬНОМУ КУРСІ ФІЗИКИ

У статті описується запропонована автором методика організації навчального фізичного експерименту у загальноосвітній школі на кількох рівнях та її застосування під час виконання робіт по гідростатичному зважуванню тіл та матеріалів. Запропонована, також, методика гідростатичного зважування тіл малої густини.

**Ключові слова:** фізичний експеримент, гідростатичне зважування, густина речовини.

Національна доктрина розвитку освіти [9], Державна національна програма розвитку освіти "Україна, ХХІ століття" [12], Закон України "Про освіту" [5] та вимоги Болонської декларації передбачають перехід національної освіти на вищий щабель свого розвитку. Зокрема, навчання фізики вимагає принципово нового підходу до побудови як змісту навчання в цілому, так і перебудови системи фронтальних лабораторних робіт та робіт фізичного практикуму. Це питання є надзвичайно актуальним у зв'язку з переходом на 12-річну загальну середню освіту та остаточний перехід старшої школи до профільного навчання.

У новій програмі з фізики для 12-річної школи [11] передбачено виконання в курсі основної школи 37 фронтальних лабораторних робіт, старшої школи згідно рівня стандарту – 12 фронтальних та 11 робіт фізичного практикуму. Враховуючи, що в старшій школі створюють немало класів фізико-математичного профілю, навчальна програма

яких передбачає значно більшу кількість фронтальних лабораторних робіт та робіт фізичного практикуму, все ще існує потреба розробки названих робіт.

Це, у свою чергу, викликає потребу у системному підході до розробки таких робіт, необхідним елементом яких є багатоваріантність кожної роботи з тим, щоб вчитель не залежав від наявності чи відсутності потрібного обладнання, якого, як відомо, у школах все ще катастрофічно не вистачає.

Найбільшу зацікавленість для учнів являють лабораторні роботи та роботи фізичного практикуму, що спрямовані на пізнання властивостей навколишнього світу, на вивчення принципів роботи сучасної техніки, на ознайомлення з новітніми технологіями. Виконуючи такі роботи, учень має змогу порівняти одержані результати як з результатами фундаментальних наукових досліджень, так і з вивченими раніше положеннями теорії. Такі роботи мають