

Р.Ю. Лопаткін, В.В. Купрієнко, С.М. Ігнатенко, Р.Л. Пелепей, В.А. Іващенко

Науково-дослідний центр навчально-наукових приладів
Інституту прикладної фізики НАН України, Суми

УНІВЕРСАЛЬНІ ЗАСОБИ ДЛЯ КОМП'ЮТЕРИЗАЦІЇ НАУКОВОГО І НАВЧАЛЬНОГО ЕКСПЕРИМЕНТІВ



Розглянуто існуючі системи для комп'ютеризації навчального експерименту відомих світових виробників і виявлено їх переваги та недоліки. Описана подібна система, до якої входять набір датчиків, модуль керування, пристрій для обробки, аналізу і візуалізації даних у вигляді комп'ютера зі спеціальним програмним забезпеченням і пристрій для реєстрації та передачі експериментальних даних. Показано, що така система добре модифікується і розширюється, а також дозволяє будувати різноманітні схеми індивідуальної і колективної роботи з нею.

Ключові слова: фізичний експеримент, комп'ютеризація експерименту, інформаційні технології, датчики, програмне забезпечення.

Навчальний експеримент у школі є однією з основ вивчення фізики. Без перебільшення можна сказати, що якість знань і практична підготовка учнів з фізики перебувають у прямій залежності від якості фізичного експерименту. Навчальний фізичний експеримент підводить учнів до розуміння сучасних фізичних методів дослідження та сприяє формуванню у них практичних умінь і навичок. Після тривалого розвитку шкільний фізичний експеримент перетворився з окремих дослідів у струнку системонавчального експерименту. Комп'ютеризація експерименту дає можливість розширити інформацію про досліджуване фізичне явище, формує навички учнів і надає їм впевненості під час використання сучасних експериментальних методів, ознайомлює їх з передовими засобами пізнання, видами контролю за технологічними процесами на виробництві.

Спеціальні системи або комп'ютерні лабораторії, призначені для використання в навча-

льному експерименті, виробляються багатьма іноземними фірмами. Всі системи будуються за принципом *сенсори—перетворювач—комп'ютер—користувач* і передбачають індивідуальну роботу учня з конкретно експериментальною установкою. За останні роки комп'ютерні лабораторії в школах стали звичними і необхідними. На наш погляд, роль комп'ютерних лабораторій у навчальному процесі змінюється: раніше таке устаткування призначалося тільки для індивідуального експерименту (лабораторні роботи, практикум, польові дослідження), а тепер це ще й могутній інструмент для проведення демонстраційних дослідів, що дає можливість кожному, хто вчиться, стати співучасником навчального процесу [1].

Нам знайомі програмно-апаратні комплекси відомих у світі приладобудівних фірм NOVA5000 (Fourier Systems Ltd., Ізраїль) [2–4], Xplorer GLX (Pasco Inc., США) [5, 6], Cobra4 (Phywe GmbH, Німеччина) [7]. Зазвичай ці системи складаються з пристрою для збору, реєстрації, обробки, аналізу і візуалізації даних у вигляді комп'ютера та набору датчиків.

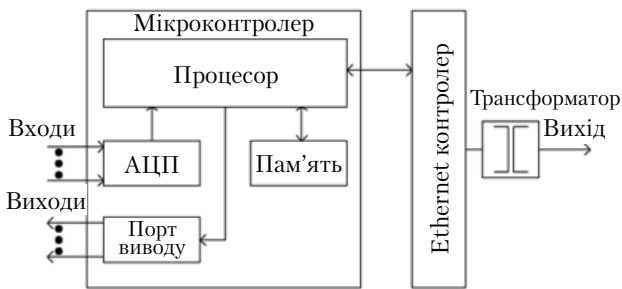


Рис. 1. Принципова схема модуля реєстрації і передачі даних

Це, безумовно, якісний крок у становленні сучасних навчальних лабораторій. Але наведені системи мають деякі недоліки, а саме:

- ✦ конструктивно модулі для збору, реєстрації, обробки, аналізу і візуалізації даних знаходяться безпосередньо в одному корпусі у вигляді невеликого комп'ютера і складають «жорстку» схему, яка погано модифікується і не дає можливості утримувати систему на рівні сучасних інформаційних технологій (ІТ);
- ✦ усі експериментальні дані збираються і аналізуються безпосередньо в цьому комп'ютері. Подальша робота з даними ускладнена через те, що ресурси цього комп'ютера дуже обмежені. За цією ж причиною неможливе проведення довгих і ресурсомістких експериментів;
- ✦ системи орієнтовані, в основному, на індивідуальне використання;
- ✦ не передбачена інтеграція методичних матеріалів в системи, що ускладнює їх використання в середній школі.

Для усунення перелічених недоліків спеціалістами Науково-дослідного центру навчально-наукових приладів ІПФ НАН України проводиться робота, основним завданням якої є побудова максимально гнучкої системи для комп'ютеризації навчального і наукового експерименту, яка добре модифікується і розширюється, а також дозволяє будувати різноманітні схеми індивідуальної і колективної роботи з нею.

УНІВЕРСАЛЬНИЙ ПРОГРАМНО-АПАРАТНИЙ КОМПЛЕКС

У розробленому універсальному програмно-апаратному комплексі (УПАК) для комп'ютеризації навчального і наукового експерименту набір датчиків, модуль керування, пристрій для обробки, аналізу і візуалізації даних у вигляді комп'ютера з спеціальним програмним забезпеченням (ПЗ), а також пристрій для реєстрації і передачі експериментальних даних виконані окремими модулями, а обмін інформацією між ними проходить за мережевим протоколом Ethernet.

Основою пропонованого УПАК є спеціальний модуль реєстрації і передачі даних, побудований за схемою, що наведена на рис. 1. Було розроблено і створено дослідний зразок цього пристрою на сучасному технологічному рівні з використанням сучасних електротехнічних елементів. Це дозволяє будувати УПАК за схемою, наведеною на рис. 2, де користувач має доступ до даних, які збираються з експериментальної установки за допомогою сенсорів.

Комплекс складається з набору аналогових датчиків, пристрою для реєстрації і передачі даних, пристрою керування та спеціального програмного забезпечення (ПЗ) для комп'ютера. На виконання основного завдання розробки пристрій для реєстрації і передачі даних реалізовано у вигляді окремого модуля, а взаємодія з будь-яким комп'ютерним приладом для обробки, аналізу і візуалізації експериментальних даних побудована на розповсюдженій відкритій технології Ethernet [8–11], що забезпечує можливість як індивідуальної, так і колективної роботи з УПАК. Комплекс надає користувачу можливість виконувати збір даних з аналогових датчиків і керувати пристроями дистанційно, що забезпечується доступом до експериментальної установки через локальну мережу.

Спеціальне ПЗ відповідає за збір інформації з модуля реєстрації та передачі даних, що перетворює аналоговий сигнал з датчиків в Ethernet-потік даних, занесення показань сенсорів у реляційну базу даних, трансляцію отриманих да-

них у локальну мережу й візуалізацію залежностей фізичних величин, які вимірюються на експериментальній установці, від часу. По обраному експерименту користувачеві надається для вибору список доступних залежностей фізичних величин від часу або однієї величини від іншої. Після вибору необхідних залежностей проходить подальша їх візуалізація. Наявність бази даних дає можливість відтворювати дані вже проведених експериментів і проводити їхню математичну обробку.

Як показано на рис. 2, УПАК складається з модуля керування 1 та набору датчиків 2, під'єднаних до модуля реєстрації та передачі даних 3, який через мережевий комутатор 4 з'єднаний з пристроєм візуалізації та аналізу даних 5 (персональним комп'ютером).

На вхід модуля реєстрації і передачі даних 3 подається нормований аналоговий сигнал (0–5 В) з датчиків 2, який після аналого-цифрового перетворювача одержуємо у вигляді числа з розрядністю 10 (12) біт. Залежно від обраного типу датчика робиться відповідне усереднення. Після усереднення дані заносяться у пам'ять і зберігаються до наступного зняття показань з датчиків. При отриманні запиту від користувача 5 на зчитування даних з датчиків модуль 3 формує Ethernet-пакет, який включає дані, отримані при останньому вимірюванні, адресу одержувача й контрольну суму пакета. Після закінчення формування пакета він відправляється користувачеві. Програмне забезпечення, що входить до складу УПАК, після приймання пакета з даними перевіряє його на наявність помилок і обробляє відповідним чином його вміст (відображення на дисплеї графіків, показань, занесення в базу даних і т.д.).

Запропоноване технічне рішення в порівнянні з існуючими системами дасть можливість:

- ✦ легко замінити в УПАК будь-який модуль на більш сучасний;
- ✦ використовувати для проведення фізичного експерименту широкий спектр комп'ютерної техніки від стільникового телефону до ноутбука;

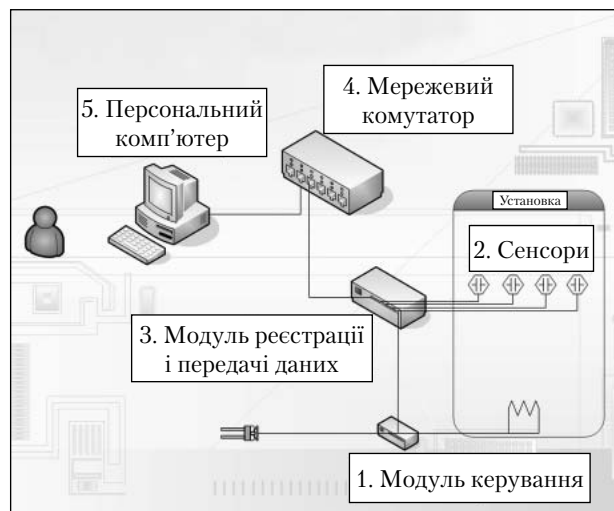


Рис. 2. Загальна функціональна схема УПАК

- ✦ УПАК включає методичний блок, що дає можливість користувачеві спочатку вивчити теоретичний матеріал за темою, а потім проводити експеримент;
- ✦ завдяки орієнтації на розповсюджені мережеві технології (Ethernet) УПАК може використовуватись як індивідуально, так і колективно;
- ✦ протокол обміну даними між модулями УПАК є відкритим і не залежить від операційної системи комп'ютера, тому УПАК орієнтований на використання будь-якої операційної системи, в тому числі і безкоштовної.

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ

Спробуємо провести порівняльний аналіз розробленого нами УПАК з існуючими системами для комп'ютеризації навчального експерименту [2, 5, 7]. Для скорочення будемо говорити про NOVA5000, але матимемо на увазі аналоги всіх відомих виробників.

Модульність. NOVA5000 конструктивно містить у собі ЦАП, АЦП і комп'ютер для аналізу, обробки і візуалізації експериментальних даних. Ця «жорстка» система погано розширюється і модифікується, що не дає можливості утримувати систему на рівні сучасних ІТ-технологій. У комплексі всі модулі рознесені і не є «жорстко»

зв'язаною системою. Всі взаємодії між модулями системи відбуваються за певним протоколом, що дозволяє замінити будь-який модуль на новіший і технологічно сучасніший.

Мультиплатформенність. Спеціальне програмне забезпечення для роботи з УПАК дає можливість використовувати для проведення експерименту широкий спектр персональної комп'ютерної техніки — від мобільного телефону до ноутбука. Єдина апаратна вимога — ці комп'ютерні пристрої повинні підтримувати мережевий протокол Ethernet.

Методична складова. NOVA5000 є інструментом для вимірювань в чистому вигляді і не несе ніякого методичного навантаження. Всі методичні рекомендації після використання NOVA5000 для проведення навчального експерименту знаходяться в окремому текстовому файлі і ніяк не інтегровані в систему. УПАК має методичну надбудову, що дає можливість учневі спочатку вивчити теоретичний матеріал по темі, потім ознайомитися з пристроєм експериментальної установки, і аж тільки тоді безпосередньо провести вимірювання і аналіз отриманих даних. Такий підхід дозволяє використовувати УПАК як для шкільної програми, так і для наукових досліджень.

Універсальність. NOVA5000 в основному зорієнтована на індивідуальне застосування. Хоча ця система має інтерфейси для зв'язку із зовнішніми пристроями візуалізації (монітор, проектор і т.ін.), коли один може працювати з пристроєм, а інші — спостерігати, все одно це не можна назвати колективною роботою повною мірою. Пропонований нами УПАК завдяки орієнтації на мережеві протоколи передачі даних дозволяє гнучко будувати роботу з пристроєм. Можливі варіанти:

- 1) індивідуальна робота при виконанні лабораторного експерименту;
- 2) індивідуальна робота з можливістю колективного спостереження;
- 3) колективна робота з пристроєм безпосередньо.

Передача даних. У NOVA5000 дані збираються і аналізуються безпосередньо в пристрої. По-

дальша робота з даними ускладнена, оскільки комп'ютер NOVA5000 має обмежені ресурси та потужність. Потім дані можуть бути передані для обробки на персональний комп'ютер користувача через інтерфейси USB або Wi-Fi. В УПАК дані відразу потрапляють на персональний комп'ютер користувача за допомогою перевірених та поширених мережевих технологій (Ethernet).

Вартість. Ціна NOVA5000 без датчиків — приблизно 500 дол. США, що навіть вище за ціну повноцінного серійного ноутбука. За своїми характеристиками комп'ютерна частина Нова5000 сильно поступається перед серійним ноутбуком (слабкий процесор, маленький об'єм оперативної пам'яті і т.д.). Тому використання Нова5000 в цілях офісного пристрою або для роботи як звичайного комп'ютера неможливе. Аналіз ціни датчиків для NOVA5000 дозволяє з впевненістю говорити про можливість випуску в Україні аналогічних або кращих за характеристиками датчиків, але в 2—5 разів дешевших.

Програмне забезпечення. Програмне забезпечення (ПЗ) NOVA5000 складається з операційної системи Windows CE і безпосередньо ПЗ для роботи з даними. УПАК орієнтований на використання будь-якої операційної системи і не вимагає покупки ліцензії на якусь конкретну модель.

ВИСНОВКИ

Розробляючи УПАК, ми переслідували мету запропонувати оснований на передових технологіях (перш за все — мікропроцесорних, інтерактивних і телекомунікаційних) програмно-апаратний комплекс широкого призначення, що може входити до складу будь-якого наукового і навчального обладнання. В рамках наукових досліджень було розроблено і підготовлено до виробництва обладнання з використанням УПАК для проведення демонстраційних та лабораторних експериментів з фізики.

Модульний підхід дозволить швидко адаптувати УПАК до існуючого обладнання і розробити нові комп'ютеризовані наукові та навчальні прилади, а застосування прийнятих

стандартів передачі даних надасть змогу побудувати інтерактивні прилади і установки з віддаленим доступом до них користувачів. Також УПАК може бути корисним для застосування більш дорогого навчального обладнання з можливістю колективного використання, де отримання інформації, а також управління експериментом може бути здійснено через Інтернет.

Вважаємо, що проведена нами робота допоможе вирішити проблему оснащення сучасним комп'ютеризованим експериментальним обладнанням наукових установ НАН України, вищих і загальноосвітніх навчальних закладів та сприятиме розвитку приладобудівної галузі України.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Комплексное* программно-аппаратное решение для общеобразовательной школы. — Вільний доступ: <http://www.int-edu.ru/page.php?id=886>.
2. *Fourier Systems Inc.* — Вільний доступ: <http://fouriersys.com/>.
3. *Nova5000 Networking Guide*, Fourier Systems, 2007.
4. *Nova5000 User Guide*, Fourier Systems, 2008.
5. *PASCO: Home.* — Вільний доступ: <http://pasco.com/>.
6. *PASCO: Xplorer GLX: User Resources.* — Вільний доступ: http://www.pasco.com/featured-products/xplorer-glx/page_6.cfm.
7. *PHYWE-Cobra4 Wireless.* — Вільний доступ: <http://www.cobra4.de/>.
8. *Metcalfe R.M. and Boggs D.R.* Ethernet: Distributed Packet Switching for Local Computer Networks. // *ACM Communications*, 19(5):395–404, July 1976.
9. *Закер К.* Компьютерные сети. Модернизация и поиск неисправностей / Пер. с англ. — СПб.: БХВ-Петербург, 2004. — 1008 с.
10. *Администрирование сети Microsoft Windows NT.* Учебный курс / Пер. с англ. — М.: «Русская редакция», 1997. — 496 с.
11. *Золотов С.* Протоколы INTERNET — СПб.: BHV-Петербург, 1998. — 304 с.

*Р.Ю. Лопаткин, В.В. Курпиенко,
С.Н. Игнатенко, Р.Л. Пелепей, В.А. Иващенко*

УНИВЕРСАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА КОМПЬЮТЕРИЗАЦИИ НАУЧНОГО И УЧЕБНОГО ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Рассмотрены существующие системы для компьютеризации учебного эксперимента известных мировых производителей и выявлены их достоинства и недостатки. Описана подобная система, состоящая из набора датчиков, модуля управления, устройства для обработки, анализа и визуализации данных в виде компьютера со специальным программным обеспечением и устройства для регистрации и передачи экспериментальных данных. Показано, что такая система хорошо модифицируется и расширяется, а также позволяет строить разнообразные схемы индивидуальной и коллективной работы с ней.

Ключевые слова: физический эксперимент, компьютеризация эксперимента, информационные технологии, датчики, программное обеспечение.

*R. Yu. Lopatkin, V. V. Kuprienko,
S. N. Ignatenko, R. L. Pelepei, V. A. Ivaschenko*

UNIVERSAL TOOLS FOR SCIENTIFIC AND EDUCATIONAL EXPERIMENTS COMPUTERIZATION

The existing systems for computerization of educational experiment from the well-known manufacturers, their advantages and disadvantages are considered. The similar system consisting of a sensor set, control unit, computer with special software for data processing, analysis and visualization, device for data registration and transmission are described. It was shown that the system can be well modified and supplemented and allows employing various schemes of individual and collective work.

Key words: physical experiment, experiment computerization, information technology, sensors, software.

Надійшла до редакції 18.06.10