

ТЕОРІЯ І МЕТОДИКА НАВЧАННЯ

УДК 371

ЮРІЙ ЖАРКИХ, СЕРГІЙ ЛИСОЧЕНКО,
БОГДАН СУСЬ, АНАТОЛІЙ ШКАВРО

ПРОБЛЕМИ ОРГАНІЗАЦІЇ ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМУ В ПРОЦЕСІ ЕЛЕКТРОННОГО НАВЧАННЯ

Проаналізовано вимоги, що висуваються до електронного лабораторного практикуму й запропоновано шляхи його створення. З'ясовано особливості дистанційно виконуваних лабораторних робіт та віртуальних симуляторів з урахуванням умов реалізації діяльнісного підходу в навчанні. Основну увагу приділено розробці програмного забезпечення й алгоритмів вимірювань у віртуальних симуляторах.

Ключові слова: електронне навчання, лабораторний практикум, дистанційні лабораторні роботи, віртуальні симулятори.

ЮРИЙ ЖАРКИХ, СЕРГЕЙ ЛИСОЧЕНКО,
БОГДАН СУСЬ, АНАТОЛИЙ ШКАВРО

ПРОБЛЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМА В ПРОЦЕССЕ ЭЛЕКТРОННОГО ОБУЧЕНИЯ

Проанализированы требования, предъявляемые к электронному лабораторному практикуму и предложены пути его создания. Выяснены особенности дистанционно выполняемых лабораторных работ и виртуальных симуляторов с учетом условий реализации деятельностного подхода в обучении. Основное внимание уделено разработке программного обеспечения и алгоритмов измерений в виртуальных симуляторах.

Ключевые слова: электронное обучение, лабораторный практикум, дистанционные лабораторные работы, виртуальные симуляторы.

YURIY ZHARKIKH, SERGIY LYSOCHENKO,
BOGDAN SUS, ANATOLIY SHKAVRO

THE PROBLEMS OF ORGANIZATION LABORATORY PRACTICAL WORK IN E-LEARNING

The requirements and the ways of electronic laboratory practical work are analyzed. The features of remotely performed laboratory work and virtual simulators based on the conditions of active approaches of learning are elucidated. The principal attention are paid to software development and measurement algorithms in virtual simulators.

Keywords: e-learning, laboratory classes, remote labs, virtual simulators.

Лабораторний практикум є невід'ємною складовою навчального процесу у вищій школі при вивченні природничих дисциплін, оскільки завдяки виконанню лабораторних робіт студент не тільки отримує знання, але також набуває умінь, що є обов'язковою умовою формування його компетентності як фахівця. В умовах сьогодення і впровадження електронного навчання, проблеми отримання навчальної інформації успішно розв'язуються, тоді як набуття експериментальних умінь залишається не тільки навчальною, а й науково-методичною проблемою, яка вимагає свого розв'язання.

Дистанційне виконання лабораторних робіт потребує створення спеціальної лабораторії, де акумулюються розроблені лабораторні роботи й існує відповідна методична база. З лабораторії встановлюються розгалужені зв'язки з учасниками дистанційного навчання через окремий сайт на спеціальному сервері ВНЗ, на який здійснюється посилання із системи управління навчанням, з якого забезпечується доступ до сервера віртуальної лабораторії. Через сайт також організовується розклад проведення досліджень студентами, проведення консультацій та виконання контрольних робіт.

Питання створення лабораторного практикуму в дистанційному навчанні вивчається і знаходить відображення в науково-методичних працях. У літературі поняття віртуальної лабораторії визначається по-різному. У найпростішому випадку це може бути локальний комп'ютер, на якому встановлена програма моделювання експерименту або віртуального симулятора [1–3]. Більш точне визначення можна знайти в [4], де термін віртуальна лабораторія включає також інформаційні технології для створення інтерактивного віртуального середовища з врахуванням потреб студентів і викладачів. У [5] запропонована загальна структура віртуальної лабораторії (VLab) як інтерактивного віртуального простору, що включає в себе технологічні, педагогічні та людські ресурси для проведення досліджень, адаптованих до потреб студентів і викладачів у віртуальному середовищі навчання.

Структура віртуальної лабораторії містить технічні, педагогічні й академічні ресурси:

До технічних ресурсів належать:

- засоби віртуальної комунікації;
- дистанційно виконувані лабораторні роботи (ДВЛР);
- віртуальні симулятори (ВС);
- система автоматичного оцінювання;
- віртуальні обчислювальні машини;
- підтримка програмного забезпечення.

До педагогічних засобів належить методичне забезпечення.

Академічні ресурси становлять:

- студент;
- викладач.

Засоби віртуальної комунікації є ресурсом, який дає можливість комунікації між студентами та викладачами. Цей ресурс може бути реалізований з використанням електронної пошти чи засобів системи управління навчанням, форумів чи відеоконференцій.

Дистанційно виконувані лабораторні роботи — це автоматизоване лабораторне обладнання, керування яким студент може здійснювати через канали віддаленого доступу й отримувати реальні умови для виконання експериментальних завдань [6].

Віртуальні симулятори (англ. Remote Labs або Web Labs) — це програмні інструменти, що моделюють експерименти, демонстрації чи процеси. Працюючи з ВС, студент виконує лабораторні роботи на віртуально представленій через комп'ютер установці, а експериментальні дані через систему Інтернет записуються в пам'ять персонального комп'ютера й відтворюються на моніторі в міру необхідності [6–10].

Система автоматичного оцінювання дає можливість проводити оцінку успішності студентів. Вона складається з блоків збору даних, аналізу отриманих результатів та тестування [11].

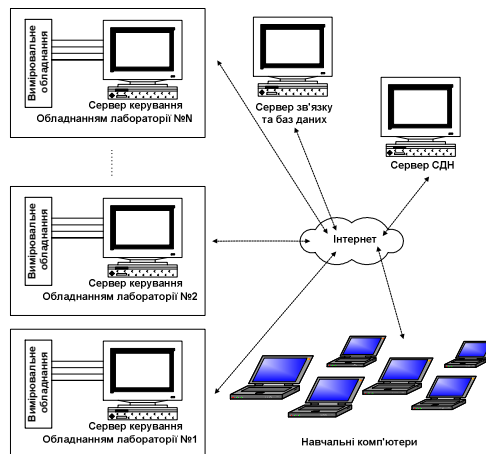


Рис. 1. Організація взаємозв'язків між лабораторіями навчальних центрів

Віртуальні обчислювальні машини є інструментами, які дають можливість користувачам створювати окремі середовища, кожне з яких імітує апаратні засоби фізичного комп'ютера. Студенти та викладачі можуть працювати з кількома операційними системами одночасно на одному й тому ж фізичному комп'ютері і перемикатися між ними. Віртуальні машини можуть знайти застосування при поєднанні проектів (програмних продуктів), написаних в різних операційних системах. Найбільш поширеними з них є VMware, Xen Virtual Machine Monitor та Microsoft Virtual PC.

Підтримка програмного забезпечення здійснюється через спеціальні програми, такі як компілятори, емулятори, електронні таблиці, наприклад MicroCal Origin. Методичне забезпечення дає можливість самостійно ознайомитись з основами теорії та ходом виконання досліджень, оскільки центральна роль при роботі з віртуальними лабораторіями відводиться студенту, а викладач переважно виконує ролі консультанта та екзаменатора [11].

Студент є суб'єктом навчальної діяльності в умовах дистанційного навчання.

Викладач допомагає студентам проводити дослідження, проводить консультації.

З названих засобів, необхідних для дистанційного практикуму в сучасній вищій школі, найбільші труднощі викликає створення дистанційно виконуваних лабораторних робіт та віртуальних симуляторів, забезпечення відповідними приладами і програмними продуктами. З погляду мінімізації необхідного часу і затрат праці, найбільш доцільним є створення практикуму на базі автоматизованих лабораторних робіт або дослідницьких установок [8]. При використанні такого обладнання можливе накопичення експериментальних баз даних і модернізація існуючого програмного забезпечення з метою створення ДВЛР та ВС. Надалі розроблені програми і бази даних можуть змінюватися у відповідності з потребами різних ВНЗ і передаватися до інших навчальних центрів, та використовуватись для створення ВС. Такий взаємообмін значно полегшує організацію практикуму в ВНЗ, що не мають відповідної лабораторної бази. Організація взаємозв'язків між лабораторіями навчальних центрів через мережу Інтернет показана на рис. 1. За умов наявності розгалуженої мережі електронних практикумів, одним з варіантів їх змістовного наповнення можуть бути виключно ВС, для розробки і створення яких необхідна тільки робота програміста у взаємодії з викладачем.

Метою статті є розгляд і формулювання вимог до віртуальних лабораторних робіт, що сприяють реалізації діяльнісного підходу в навчанні, розробка алгоритму віртуальних вимірювань, створення їх програмного забезпечення.

Робота студента з віртуальним симулятором відбувається самостійно, а можливості спілкування з викладачем здійснюється за допомогою засобів комунікації. Тому однією з основних вимог, що пред'являються до ВС є найширше використання діалогових режимів роботи. ВС, що використовує ідеальні моделі з інтерактивною зміною умов і ходу дослідження, дає можливість студенту порівняти віртуальні вимірювання з сучасним експериментом, проведеним на дорогому науково-дослідному обладнанні і відкриває можливості для вивчення та розуміння складних ідей і явищ [9; 10]. У процесі роботи відбувається вивчення принципів роботи приладів і техніки проведення вимірювань, студенти оцінюють похибки, досліджують статистичні

закономірності на основі отриманих результатів: вплив обсягу вибірки на величину похибки, співвідношення випадкової похибки вимірюваної величини й похибки приладів, наявність шумів. Конфігурацію віртуальних лабораторних робіт можна урізноманітнювати, оперативно створювати нові варіанти виконання залежно від необхідного навчального рівня.

При виконанні віртуальної лабораторної роботи у студента повинна створюватися ілюзія роботи на реальному обладнанні. До того ж «експериментальні» значення «вимірюваних величин» беруться з бази даних, які були отримані на реальних установках. Ці «експериментальні» дані відтворюються на моніторі у вигляді графіків або таблиць. У більш складних ВС при отриманні «експериментальних даних» результат кожного «спостереження» може бути визначений інтерполяцією даних з вибраної залежності та додаванням випадкової похибки. Величина похибки розраховується на основі характеристик приладів, що використовуються. Крок зміни аргументу може бути довільним, а його значення заокруглюються до величини, кратної кроку вимірювань віртуального приладу. На результат віртуального дослідження буде накладатися випадкова похибка, що задана викладачем або студентом. Зменшення кроку зміни аргументу та збільшення кількості «спостережень», за якими здійснюється усереднення, підвищує точність результатів, але збільшує час «експерименту». Таким чином, перед студентом, як і в реальному експерименті, постає задача вибору умов, які забезпечують найкраще співвідношення точності результатів та часу «вимірювань». Результати послідовно проведених експериментів будуть відрізнятися один від одного, а затримки у відображенні даних будуть відповідати часу встановлення режимів дослідження та часу вимірів на реальній установці. Необхідною є також екстраполяція вихідних даних і моделювання реакцій об'єкту досліджень на впливи експериментальних чинників, особливо в критичних і аварійних режимах. Інтерфейс користувача ВС може бути таким же, як у реальної установки, тому студент отримує навички і досвід постановки та проведення експерименту. Незаперечною перевагою ВС є можливість «підвищення швидкодії обладнання», яке дає можливість у стислий термін дослідити вплив різних параметрів експерименту на його точність. Розвиток названих підходів за умови творчої співпраці програмістів та викладачів наближає виконання лабораторної роботи до реальної і дає можливість студенту набити навичок науково-дослідної роботи.

Робота з віртуальним симулятором повинна обов'язково пробуджувати творчі можливості та допитливість студента. Для цього застосовуються засоби заохочення, контролю і самоконтролю навчальної діяльності. Найбільш перспективними шляхами досягнення цієї мети є максимальне застосування принципів інтерактивних програм, варіації способів виконання роботи і наявність методів оцінки досягнення результатів, що стимулюють зацікавленість і змагальність користувачів [12–15].

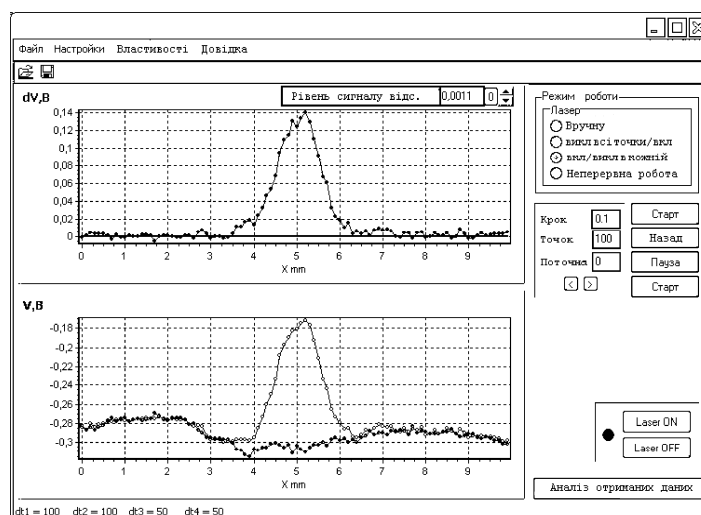


Рис. 2. Вікно інтерфейсу користувача

Програмне забезпечення і алгоритми вимірювань створені на основі наведених вище вимог лягли в основу ДВЛР і ВС, створених на основі автоматизованих лабораторних робіт з курсу основи фізики напівпровідників. Розроблені роботи можуть бути легко вбудовані в існуючий

навчальний процес і їх виконання принципово не відрізняється від звичайної автоматизованої лабораторної роботи з використанням комп'ютера. Керування експериментом здійснюється послідовно з окремих діалогових вікон, кожне з яких викликається з спільного інтерфейсу користувача. Студент виконує роботу по кроках. Спочатку, викликаючи діалогові вікна модулів керування, створюються необхідні умови експерименту. Результати вимірювань відображаються в числовій та графічній формах і аналізуються студентом. Після досягнення необхідного режиму вибрані дані записуються в окремий файл, а після закінчення експерименту проводяться обчислення, будуються графіки і оформлюється звіт.

Для прикладу на рис. 2 наведено вигляд головного вікна інтерфейсу користувача лабораторної роботи «Вимірювання контактної різниці потенціалів методом динамічного конденсатора». У цій роботі проводиться вимірювання контактної різниці потенціалів уздовж поверхні пластини кремнію з наступним розрахунком таких параметрів матеріалу як час життя неосновних носіїв заряду та як дифузійна довжина. Головне вікно програми дає можливість підбору режимів проведення експерименту, ввімкнення освітлення напівпровідниковим лазером, зміни величини кроків вимірювань і їх кількості, затримок, необхідних для роботи крокових двигунів при переміщенні зразка, завантаження старих і збереження отриманих даних, проведення обчислень, вибірки з масиву експериментальних даних лише тих, що відповідають заданим критеріям. Так, в ході роботи, після проведення сканування поверхні напівпровідникової пластини, студент повинен визначити придатність отриманих результатів для подальшої математичної обробки. Потім, викликавши вікно аналізу отриманих даних побудувати в напівлогарифмічно-

му масштабі залежність $\exp\left\{\frac{q\phi_s}{kT} - 1\right\}$ від координати, де ϕ_s — відображає зміни контактної різниці потенціалів уздовж поверхні пластини, e — заряд електрона, k — постійна Больцмана, T — температура. Надалі, для розрахунків довжини вільного пробігу і часу життя необхідно вибрати на побудованій залежності ділянку наближену до прямолінійної і за її нахилом визначити довжину дифузійного зміщення та час життя. Провівши виміри і розрахунки, студент може порівняти отриманий результат з довідниковими даними і зробити висновки. Таким чином, в процесі роботи, перед студентом постають завдання вибору оптимальних параметрів проведення дослідження.

Велике значення під час побудови віртуальних симуляторів має процес отримання експериментальних даних, або віртуальних вимірювань. Як відомо, вимірювальні прилади характеризуються похибками, що мають адитивну та мультиплікативну складові. Значення цих складових, залежать від величини вимірюваного параметру f_0 і діапазону приладу, на якому здійснюються вимірювання. Такі ж похибки притаманні і значенню аргументу x , від якого залежить параметр f_0 . Тому формування результату спостереження в ВС включає розрахунки поточного значення аргументу x , відповідного йому значення f_0 і результату спостереження $f(x_j)$, що враховує похибки вимірювань. Відображення результатів $f(x_j)$ проводиться з затримками, характерними для вибраного на початку роботи обладнання. Особливістю віртуального експерименту є те, що вихідна залежність, на основі якої формується результат, містить скінченну кількість значень вимірюваної величини f_0 і лише для цілком певних значень аргументу x . Тому у ВС для знаходження результатів спостереження $f(x_j)$, що відповідають заданим значенням x , проводиться інтерполяція даних вихідного файлу та додається значення похибки. Причому, як і в реальному експерименті, величина x встановлюється рівною значенню, найближчому до кратного рівня квантування для вибраного приладу. Коли для формування бази даних використовуються результати вимірювань проведених з достатньо малим кроком зміни аргументу x . У випадку виходу значень x за межі даних, що містились у вихідному файлі, застосовується екстраполяція, або генерується повідомлення про помилку. Про спробу розширити діапазон віртуальних вимірювань у область значень x , що лежить за межами дозволених для обраного приладу, ВС повідомляє одразу, на етапі вводу параметрів експерименту.

При усередненні результатів вимірювань для деякого значення аргументу x_j за вибраною кількістю спостережень n є величина

$$f(x_j) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n f_i(x_j) \quad (1)$$

Тому для одного й того ж вихідного файлу даних результати двох віртуальних вимірювань будуть відрізнятися навіть за однакових умов віртуального експерименту (кроку зміни аргументу x та кількості усереднень n). При збільшенні n ця відмінність результатів зменшується і вони наближаються до даних вихідного файлу.

Недостатня точність вимірювань, або відсутність необхідної кількості усереднень у віртуальних вимірюваннях може призводити до наявності таких самих складнощів і похибок у роботі як і у реальних вимірюваннях. Так величина похибки може перевищити зміну значення вимірюваної величини при зміні аргументу на один крок. Наслідком цього буде не монотонність отриманої кривої та поява неіснуючих екстремумів. Це може ускладнити подальшу обробку експериментальних даних і призводити до похибок на наступних етапах. Тому застосування достатньої кількості усереднень n і добір кроку вимірювань дає можливість отримати результат з необхідною точністю. У той же час, збільшення n і зменшення кроку вимірювань призводить до відповідного зростання тривалості віртуального експерименту. Це в свою чергу може неприйнятно збільшити час вимірювань і вимагати внесення відповідних коректив. Крім цього, застосування наведеного алгоритму внесення похибок у процес отримання експериментальних даних дає можливість уникнути повторюваності результатів. Практично результат кожного дослідження, навіть при виборі одних і тих же параметрів експерименту, відрізнятиметься один від одного.

Висновки. У статті проаналізовано проблему створення електронного лабораторного практикуму й обговорені вимоги, що висуваються до дистанційно виконуваних лабораторних робіт та віртуальних симуляторів. Окреслено шляхи створення такого практикуму, виходячи з умови мінімізації необхідного часу і затрат праці. Продемонстровано, що робота з віртуальним симулятором при виборі різних параметрів ходу проведення експерименту з врахуванням затримок та похибок приладів, відтворює умови, характерні для лабораторних досліджень і створює відчуття роботи на реальній автоматизованій установці. Застосування електронних лабораторних робіт в комп'ютерній підтримці навчального процесу сприяє реалізації діяльнісного підходу в навчанні та формуванню дослідницьких навичок студента.

Перспективи подальших досліджень. Подальші дослідження з тематики роботи і їх впровадження в практику мають забезпечити створення розгалуженої мережі лабораторій дистанційного навчання у вищих навчальних закладах.

ЛІТЕРАТУРА

1. What are the benefits of a virtual laboratory for student learning: proceedings of the HERDSA Annual International conference, (Melbourne, Jul. 1999) / — Melbourne: HERDSA, 1999. — 209 p.
2. Virtual and remote labs in physics education: proceedings of the Second European Conference on Physics Teaching in Engineering Education, (Budapest, Jun. 2000) / — Budapest: Europress, 2000. — 286 p.
3. A virtual laboratory environment for online it education, in SIGITE '05: proceedings of the 6th conference on Information technology education, (New York 2005) / — NY, USA: ACM Press, 2005, 389 p.
4. Noor A. K. Simulation of physical experiments in immersive virtual environments /A.K. Noor, T.M. Wasfy // Engineering Computations: Int. J. for Computer-aided Engineering and Software. — 2001. — V. 18, № 3–4. — P. 515–538.
5. Prieto-Blázquez J. An Integrated Structure for a Virtual Networking Laboratory / J. Prieto-Blázquez, J. Arnedo-Moreno, J. Herrera-Joancomartí // IEEE Transactions on Industrial Electronics. — 2008. — V. 55, № 6. — P. 308–318.
6. Ma J. Hands-on, simulated, and remote laboratories: A comparative literature review / J. Ma, J.V. Nickerson // ACM Computer Service. — 2006. — V. 38, № 3. — P. 7–10.
7. Computer simulation and modeling in virtual physics experiments: proceedings of IV International Conference on Multimedia and Information & Communication Technologies in Education, (Seville, November 22-25th 2006) / Seville, Spain: University of Deusto, 2006, 367 p.
8. Універсальні вимірювально-керуючі комплекси / Ю. С. Жарких, С. В. Лисоченко, О. В. Третяк [та ін.] // Вестник НТУ «ХПИ». — 2005. — №35. — С. 85–93.
9. Collaborative use and design of interactive simulations: CSCLE Proceedings, (Stanford, 1999) / Stanford, USA: CA, 1999, 345 p.
10. Remote versus hands-on labs: a comparative study: 34th Annual Conference on Frontiers in Education, (October, 2004) / FIE'04: V. 2, , pp. F1G:17–21.

11. Brush T. Implementation and evaluation of a student centered learning unit: A case study / T. Brush, J. Soye // *Journal Educational Technology Research and Development*. — 2010. — V. 48, № 3. — P. 79–100.
12. Дистанційне навчання / [Кухаренко В. М., Рибалко О. В., Олійник Т. О., Савченко М. В.]. — Харків: «ХДПУ», 1999. — 216 с.
13. Жарких Ю. С. Программные средства для компьютерных технологий в образовании / Ю. С. Жарких, Ю. Н. Рудник, О. В. Третьяк // *Новий Колегіум*. — 2002. — № 1. — С. 41–45.
14. Гуманітарні аспекти навчання з застосуванням віртуальних симуляторів лабораторних робіт: матеріали II міжнародної научно-практичної конференції [«Ключевые аспекты научной деятельности — 2007»], (Днепропетровск, январь 2007 г.) / — Днепропетровск: Наука и образование, 2007. — 215 с.
15. Matute H. Assesing e-learning in WEB labs. / H. Matute, M. A. Vadillo // *Advances on remote laboratories and e-learning experiences*. Bilbao, Spain: University of Deusto. — 2007. — P. 97–107.