

УДК: 378.14:001.89:371

DOI 10.18372/2786-5487.1.16616

**Говорун Тетяна Павлівна** 

кандидат фізико-математичних наук, доцент,  
Сумський державний університет,  
м. Суми, Україна

**Берладір Христина Володимирівна** 

кандидат технічних наук, старший викладач,  
Сумський державний університет,  
м. Суми, Україна

**Ващенко Світлана Михайлівна** 

кандидат технічних наук, доцент,  
Сумський державний університет,  
м. Суми, Україна

## **ЗАСТОСУВАННЯ ВІРТУАЛЬНОГО СЕРЕДОВИЩА ДЛЯ РОЗРАХУНКУ ВЕЛИЧИНИ ЗЕРНА В МАТЕРІАЛОЗНАВСТВІ**

*Анотація.* У статті представлено матеріал про застосування віртуального середовища, а саме розробленої віртуальної лабораторної роботи «Методи виявлення та визначення розміру зерна», яка використовується як в аудиторній, так і в дистанційній освіті. Детально описана методика розробки та впровадження віртуальної лабораторної роботи за трьома методами визначення розміру зерна в сталях відповідно до чинного стандарту України. Програмне забезпечення призначене для студентів-матеріалознавців при виконанні лабораторних робіт з визначення розміру зерна металів, створене для більш зручного та точного обчислення показника зернистості та уникнення випадкових помилок у математичних розрахунках.

*Ключові слова:* Віртуальна лабораторна робота, якість освіти, дистанційна освіта, зерно сталі, метод підрахунку, метод порівняння.

**Annotation.** The paper presents material on using the virtual environment, namely the developed virtual laboratory work «Methods of detection and determination of grain size», which is used in both classroom and distance education. The method of development and implementation of virtual laboratory work by three methods of determining the grain size in steels by the current standard of Ukraine is described in detail. The software is designed for materials science students when performing laboratory work to determine the grain size of metals, designed to more conveniently and accurately calculate the grain size and avoid accidental errors in mathematical calculations.

**Key words:** Virtual laboratory work, education quality, distance education, steel grain, counting method, comparison method.

Впровадження нової моделі освіти, орієнтованої на результат, вимагає вдосконалення не тільки системи управління, методичної роботи, а й підходів до конструювання занять, їх змісту, розробки та впровадження компетентно-орієнтованих завдань. Тому, одним з найважливіших завдань є модернізація освітнього процесу у вузах, яка спрямована на підготовку кадрів нового покоління [1]. Достатньо різко змінилися умови життя і навчання, тому це вимагає доповнення традиційного навчання новими технологіями.

Сучасна освіта надає можливості для розвитку таких форм навчання як диджиталізація, eLearning [2], Mobile Learning [3], навчання через Coursera, OCW та інші онлайн-інституції, впровадження віртуальної реальності у практику інженерії [4], віртуальні мережі [5] та інше.

МООС-навчання (Massive Open Online Courses, масові лекції з відкритих джерел) є чудовими для передачі на уроках і лекціях ідей, формул та інших теоретичних знань. Але для повноти освоєння багатьох дисциплін потрібні і практичні заняття – цифрове навчання «відчуло» цю еволюційну необхідність і створило нову «форму життя» – віртуальні лабораторні роботи та тренажери як для шкільного, так і університетського навчання [6].

Віртуальні лабораторії та тренажери потрібні: для підготовки до реальних лабораторних робіт; для таких занять, коли відсутні відповідні умови, матеріали, реактиви та обладнання; для дистанційного навчання; для самостійного вивчення дисциплін у ВНЗ; для наукової роботи; для вищої освіти з важливою практичною складовою та іншого [7].

У зв'язку з цим розробка та вдосконалення методів навчання із застосуванням комп'ютерних технологій є своєчасним та дуже важливим завданням. У цьому аспекті використання віртуального середовища у навчанні за допомогою створення віртуальних лабораторних робіт та тренажерів шляхом створення електронних програмних продуктів дає можливість проводити заняття на вищому рівні. Так само це стало особливо важливим в умовах пандемії, коли дистанційні форми навчання набувають все більшого значення [8] і обов'язково гостро стоїть питання в якійсній і неформалізованій підготовці кадрів і гідних сучасних фахівців.

Замінюючи традиційні лабораторні методи на віртуальні, де як об'єкт дослідження виступає змодельована система, можна досягти деякого спрощення лабораторних занять, зменшення аудиторного навантаження, зниження навантаження на лабораторне обладнання, при цьому одночасно підвищуючи ефективність та якість навчання, за рахунок індивідуального підходу до завдань, що виконуються в рамках самостійної роботи студента та використання системи віддаленого доступу, завдяки якій стає можливим проведення лабораторної роботи на комп'ютерах.

Це все стосується й навчання студентів інженерних спеціальностей, у тому числі й студентів-матеріалознавців. При вивченні матеріалів, їх будови, структури, властивостей, технології отримання викладачеві необхідно донести не лише теоретичні знання з дисципліни, а й навчити студентів практичним навичкам.

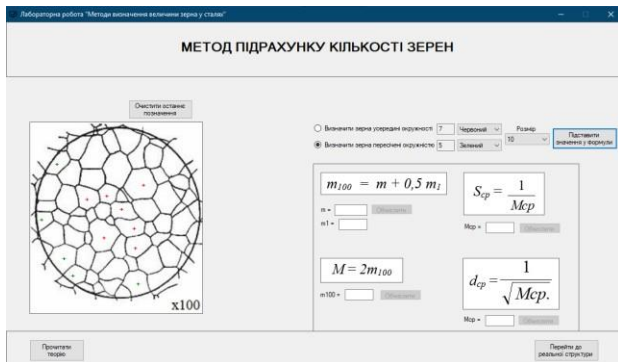
Процес вивчення матеріалознавчих дисциплін пов'язаний з дослідженням металів та сплавів, для визначення структури яких використовують мікроскоп та фото мікроструктур в процесі виконання лабораторних робіт, де вони мають

визначати величину зерна, як одну з найважливіших характеристик мікроструктури матеріалу, що визначають його властивості [9].

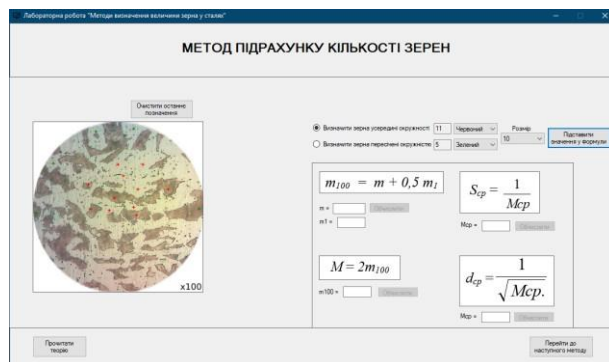
На сьогоднішній день усе частіше використовують різноманітні програмні продукти для аналізу структури зерна металу [10].

Метою розробленої віртуальної лабораторної роботи (ВЛР) є навчити студентів визначати величину зерна або бал зерна металу із застосуванням наступних методів: візуальним порівнянням видимих під мікроскопом зерен із еталонними зображеннями шкал відповідно до ДСТУ 8972:2019 «Сталі та сплави. Методи виявлення та визначення величини зерна»; підрахунком кількості зерен, що доводяться на одиницю поверхні шліфа; вимірюванням середнього умовного діаметра зерен або кількості зерен в  $1 \text{ мм}^2$ , у випадку нерівновісних зерен;

Під час виконання завдання методом підрахунку користувач робить позначення у вигляді символів плюс на фотографії мікроструктури для позначення зерен. Дана функція була реалізована за допомогою бібліотеки `Drawing` та методу `public void OnPictureBoxClicked(object sender, MouseEventArgs e, Func<FirstMethodDrawing, bool> pointSaver)`, який виконував позначення у координатах натискання користувача на `PictureBox`. Можливість змінювати розмір та колір позначення для більш кращого їх відображення на зображенні була реалізована за допомогою елемента `ComboBox` у вигляді випадаючого списку та відповідного обробника подій, який визивався після кожної зміни обраного елемента списку та змінював значення кольору тексту, що відображається на зображенні структури. Також була реалізована можливість очищення останніх позначень у разі помилки. Реалізація першого методу та заповнення формул наведена на рисунку 1.



а

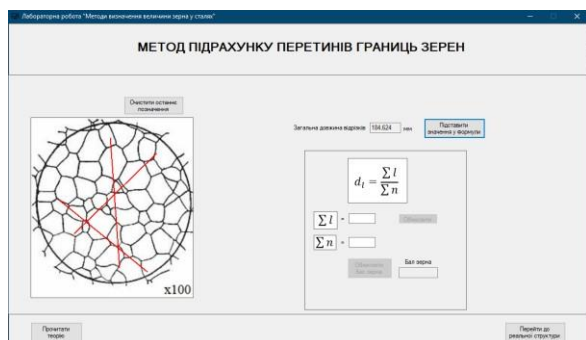


б

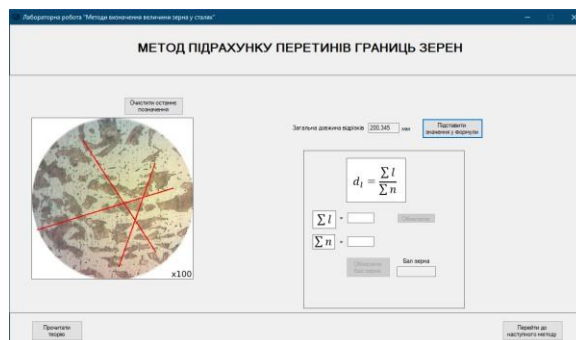
Рис. 1. Реалізація першого методу та заповнення формул

Було реалізовано перехід від роботи зі схематичною мікроструктурою до роботи з реальною мікроструктурою (рис. 1 б). У PictureBox встановлювалося нове зображення, а усі позначення очищалися за допомогою методу `private void clearMicrostructureDrawingSurface`.

Під час виконання завдання методом підрахунку при пересіченні користувач робить позначення на фотографії мікроструктури у вигляді відрізків. Була реалізована можливість очищення останніх позначень у разі помилки. Програма самостійно підраховує загальну довжину відрізків, що потрібно для подальшого підрахунку балу зерна, та виводить обраховане значення у TextBox після малювання кожного нового відрізка. Реалізація переходу до зображення реальної мікроструктури та виконання обчислень реалізовані аналогічно до попереднього варіанту виконання роботи. Реалізація другого методу та заповнення формул наведена на рисунку 2.



а

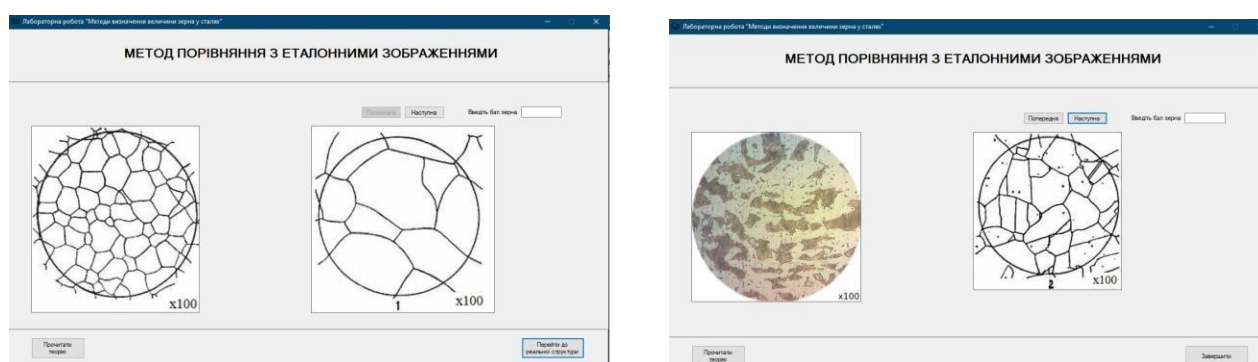


б

Рис. 2. Реалізація другого методу підрахунку при пересіченні та заповнення формул

В цьому методі також було реалізовано перехід від роботи зі схематичною мікроструктурою до роботи з реальною мікроструктурою.

При виконанні завдання методом порівняння користувач порівнює мікроструктуру, з якою він працював, з мікроструктурами з ДСТУ. У даному методі користувач самостійно визначає бал зерна вводючи його значення у відповідний TextBox. Реалізація третього методу наведена на рисунку 3.



**а** **б**  
**Рис. 3. Реалізація третього методу (а) і для реальної структури (б)**

Під час виконання ВЛР у студента завжди є можливість переглянути теорію за допомогою кнопки, що знаходиться у лівому нижньому куточку екрана.

Було реалізовано збереження усіх отриманих значень у документ Word шаблону звіту з лабораторної роботи, що відбувається після натискання на кнопку «Закінчити». Для створення звіту було створено окремий клас ReportDocHelper, який зберігає значення усіх індексів для пошуку у шаблоні звіту у вигляді констант та усі значення для заміни, які зберігаються у масив після закінчення обчислення кожним із методів, який отримує значення шляху файлу звіту, обраного користувачем, і зберігає документ у створену додаткову папку за цим шляхом, у яку також зберігаються зображення мікроструктур.

Після завершення реалізації програмного продукту було створено

інсталятор для зручного завантаження програми на комп'ютер користувача. Програмний продукт коректно працює після завантаження.

Розроблене програмне забезпечення може замінити собою виконання реальної фізичної лабораторної роботи, а також спростить організацію навчального процесу за дистанційною формою навчання.

Розроблена віртуальна лабораторна робота для студентів спеціальності «Матеріалознавство» дозволяє оцінити знання та вміння того, хто навчається, та може використовуватися як критерій допуску студентів до проходження реальної лабораторної роботи. Можливо також використовувати віртуальну лабораторну роботу у системі дистанційного навчання. Таким чином традиційні форми проведення лабораторних робіт можна успішно доповнити віртуальними лабораторними роботами.

Але все ж таки, на наш погляд, підхід до проблеми створення віртуальних лабораторних робіт та їх впровадження у навчальний процес має бути диференційованим. Не можна зводити підготовку особливо технічних фахівців до віртуального навчання, до ситуації, коли студент не має змоги доторкнутися до обладнання та матеріалів своїми руками.

Знання, отримані під час виконання віртуальної лабораторної роботи, можна використовувати для вивчення мікроструктур, під час виконання контрольних робіт, курсових проектів, написанні кваліфікаційних випускних робіт бакалавра і магістра. Використовуючи ВЛР викладачі зможуть зменшити обсяг витрачених години та людських ресурсів на дослідження балу зерна металу, застосовуючи віртуальне середовище для виконання поставлених завдань.

### **Список використаних джерел**

1. Shet, S.V., Pereira, V.: Proposed managerial competencies for Industry 4.0 – Implications for social sustainability. *Technological Forecasting and Social Change* 173, 121080 (2021), <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.121080>.

2. Švač, V., Cagánová, D.: Managerial skills for innovation support. *Mobile Netw Appl* 25, 925–931 (2020), doi: 10.1007/s11036-020-01517-3.
3. Bun, P., Trojanowska, J., Ivanov, V., Pavlenko, I. The Use of Virtual Reality Training Application to Increase the Effectiveness of Workshops in the Field of Lean Manufacturing. In: Bruzzone A.G. et al. (eds.) *Proc. of the 4th Int. Conf. of the Virtual and Augmented Reality in Education, VARE 2018*, pp. 65–71 (2018).
4. Bakhovskyy P., Yevsiuk M., Zabolotnyi O., Cagánová D., Tkachuk A.: Stages of the Virtual Technical Functions Concept Networks Development. In: Cagánová, D., Hornáková, N., Pusca, A., Cunha, P. F. (eds) *EAI/Springer Innovations in Communication and Computing. Advances in Industrial Internet of Things, Engineering and Management*, pp. 119–135 (2021). Springer, Cham. doi: 10.1007/978-3-030-69705-1\_1.
5. Tkachuk, A., Zablotskyi, V., Zabolotnyi, O., Cagánová, D., Yakymchuk, N.: Basic Stations Work Optimization in Cellular Communication Network. In: Cagánová, D., Hornáková, N., Pusca, A., Cunha, P. F. (eds) *EAI/Springer Innovations in Communication and Computing. Advances in Industrial Internet of Things, Engineering and Management*, pp. 1–19 (2021). Springer, Cham. doi: 10.1007/978-3-030-69705-1\_1.
6. Korotun, M., Denysenko, Yu., Malovana, N., Dutchenko, O.: Improvement of the Effectiveness of General Engineering Courses Using Trainers. In: Ivanov V. et al. (eds.) *Advances in Design, Simulation and Manufacturing. DSMIE-2020. Lecture Notes in Mechanical Engineering* (2021).
7. Bilous, O., Hovorun, T., Berladir, K., Dunaeva, M.: Ensuring the Quality of Training Engineers in a Virtual Environment. In: Tonkonogyi V. et al. (eds) *Advanced Manufacturing Processes II. InterPartner 2020. Lecture Notes in Mechanical Engineering*, pp. 765-774. Springer, Cham (2021). DOI: 10.1007/978-3-030-68014-5\_74
8. Núñez-Canal, M., de Obesso, M., Pérez-Rivero, C.A.: New challenges in higher education: A study of the digital competence of educators in Covid times.



Technological Forecasting and Social Change 174, 121270 (2022), <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.121270>.

9. Berladir, K., Hovorun, T., Gusak, O., Reshetniak, Y., Khudaybergenov, D.: Influence of Modifiers-Ligatures on the Properties of Cast Aluminum Alloy AK5M2 for the Automotive Industry. In: Ivanov, V., Trojanowska, J., Pavlenko, I., Zajac, J., Peraković, D. (eds) *Advances in Design, Simulation and Manufacturing III. DSMIE 2020. Lecture Notes in Mechanical Engineering*, pp. 473-482. Springer, Cham (2020). DOI: 10.1007/978-3-030-50794-7\_46.

10. Plotkowski, A., Ferguson, J., Stump, B., Halsey, W., Paquit, V., Joslin, C., Babu, S.S., Marquez Rossy, A., Kirka, M.M., Dehoff, R.R.: A stochastic scan strategy for grain structure control in complex geometries using electron beam powder bed fusion. *Additive Manufacturing* 46, 102092 (2021), <https://doi.org/10.1016/j.addma.2021.102092>.