

---

УДК 53:004.94

**Торчук М.В.**

к.т.н., в.о. доцента кафедри фізико-математичних  
та загальнотехнічних дисциплін

**E-mail:** [tvmichael@meta.ua](mailto:tvmichael@meta.ua)

**Михайлова Л.М.**

к.т.н., доцент кафедри фізико-математичних  
та загальнотехнічних дисциплін

**E-mail:** [mihajlovaimsg@gmail.com](mailto:mihajlovaimsg@gmail.com)

Подільський державний аграрно-технічний університет  
м. Кам'янець-Подільський

## **ВИКОРИСТАННЯ ПРОГРАМ МОДЕЛЮВАННЯ ФІЗИЧНИХ ПРОЦЕСІВ ПРИ ВИВЧЕННІ ФІЗИКИ В АГРАРНО-ТЕХНІЧНОМУ УНІВЕРСИТЕТІ**

**Torchuk M. V.**

Ph.D. (Techn. sciences), Associate Professor,  
Department of Physics-Mathematics and General-Technics disciplines

**E-mail:** [tvmichael@meta.ua](mailto:tvmichael@meta.ua)

**Mykhailova L.M.**

Ph.D. (Techn. sciences), Associate Professor,  
Department of Physics-Mathematics and General-Technics disciplines

**E-mail:** [mihajlovaimsg@gmail.com](mailto:mihajlovaimsg@gmail.com)

State Agrarian and Engineering University in Podilya  
Kamianets-Podilskyi

## **THE USAGE PROGRAMS OF PHYSICAL PROCESSES MODELING AT PHYSICS STUDYING IN AGRARIAN AND ENGINEERING UNIVERSITY**

### **Анотація**

**Вступ.** На сучасному етапі розвитку науково технічного прогресу, комп'ютерне моделювання фізичних процесів є невід'ємною частиною під час проектування різноманітних механізмів і досить часто використовується у наукових дослідженнях в багатьох вищих начальних закладах. Проте, в більшості аграрно-технічних університетах, даному напрямку навчання студентів не приділяється достатня увага. Ще рідше відповідна методика використовується на лабораторних заняттях з фізики.

**Методи.** Нами було зроблено аналіз програмних продуктів, що дають можливість за допомогою розрахункових методів оцінювати, як поведеться комп'ютерна модель виробу в реальних умовах експлуатації та використання відповідного програмного забезпечення на заняттях з фізики. Виділено два програмних продукти COMSOL Multiphysics та ANSYS, які найбільше відповідають поставленим нами вимогам.

**Результати.** Запроваджено використання комп'ютерних програм під час виконання низки лабораторних робіт з механіки, молекулярної фізики і електрики.

**Перспективи.** Моделювання фізичних процесів на лабораторних заняттях з фізики дає можливість: застосовувати набуті знання у процесі вивчення спеціальних дисциплін і майбутній

роботі за спеціальністю; краще пояснювати фізичні процеси; встановлювати та враховувати наслідки впливу різноманітних зовнішніх фізичних факторів на машини та механізми.

В перспективі розробка методики проведення лабораторних робіт з фізики з використанням програмного забезпечення ANSYS. Створення пакету віртуальних лабораторних робіт з механіки, термодинаміки та електрики. Створення і використання на основі розроблених моделей фізичних анімацій.

**Ключові слова:** фізика, комп'ютерне моделювання, лабораторна робота, фізичні процеси.

#### **Abstract**

**Introduction.** At the present stage of scientific and technological progress, computer modeling of physical processes is an integral part in the various mechanisms design and is often used in scientific researches in many higher education institutions. However, in most agro-technical universities, this area of teaching students is not given sufficient attention. Even less the appropriate methodology is used in physics laboratory lessons.

**Methods.** We have done software products analysis, that enable using calculation methods to assess, how to behave a computer model of the product in actual use and the related software for physics lessons. It is highlighted two software products COMSOL Multiphysics and ANSYS, which most correspond to settled by us conditions.

**Results.** It is introduced the computer programs usage in the performance of a number of laboratory studies on mechanics, molecular physics and electricity.

**Discussion.** The physical processes modeling in physics laboratory lessons allows to apply the gained knowledge in the study of special subjects and future work in the specialty; to explain better physical processes; to establish and to take into account the effects of various external factors on physical machines and mechanisms.

In prospect, the laboratory work methods development in physics using software ANSYS. Package creation of virtual laboratory works on mechanics, thermodynamics and electricity. Creating and using models developed on the basis of the physical animation.

**Keywords:** physics, computer modelling, laboratory work, physical processes.

#### **Аннотация**

**Вступ.** На современном этапе развития научно-технического прогресса, компьютерное моделирование физических процессов является неотъемлемой частью при проектировании различных механизмов и довольно часто используется в научных исследованиях во многих высших учебных заведениях. Однако, в большинстве аграрно-технических университетах, данному направлению обучения студентов не уделяется достаточное внимание. Еще реже соответствующая методика используется на лабораторных занятиях по физике.

**Методы.** Нами был сделан анализ программных продуктов, позволяющих с помощью расчетных методов оценивать, как поведет себя компьютерная модель изделия в реальных условиях эксплуатации и использования соответствующего программного обеспечения на занятиях по физике. Выделены два программных продукта COMSOL Multiphysics и ANSYS, которые наиболее соответствуют поставленным нами требованиям.

**Результаты.** Введено использование компьютерных программ при выполнении ряда лабораторных работ по механике, молекулярной физике и электричества.

**Перспективы.** Моделирование физических процессов на лабораторных занятиях по физике дает возможность: применять полученные знания в процессе изучения специальных дисциплин и будущей работе по специальности; лучше объяснять физические процессы; устанавливать и учитывать последствия влияния различных внешних физических факторов на машины и механизмы.

В перспективе разработка методики проведения лабораторных работ по физике с использованием программного обеспечения ANSYS. Создание пакета виртуальных лабораторных работ по механике, термодинамике и электричеству. Создание и использование на основе разработанных моделей физических анімацій.

**Ключевые слова:** физика, компьютерное моделирование, лабораторная работа, физические процессы.

**Вступ.** На сучасному етапі розвитку науково технічного прогресу, комп'ютерне моделювання фізичних процесів є невід'ємною частиною під час проектування різноманітних механізмів і досить часто використовується в наукових дослідженнях. За кордоном такий аналіз є невід'ємною складовою при розробці значної кількості виробів і широко впроваджується в освітніх цілях провідними навчальними закладами.

Комп'ютерне моделювання фізичних процесів під час навчання студентів використовується і в багатьох технічних університетах на території України. Так у Львівському політехнічному інституті викладається дисципліна «Комп'ютерне моделювання фізичних процесів». У Київському національному університеті ім. Тараса Шевченка, а саме в інституті високих технологій викладається дисципліна «Комп'ютерне моделювання в природничих науках». В Одеському національному політехнічному університеті здійснюється набір студентів за спеціальністю «Моделювання фізичних процесів комп'ютерних ігор». У Сумському державному педагогічному університеті викладається дисципліна «Комп'ютерне моделювання фізичних процесів». Перелік можна продовжити, включивши сюди інші технічні а також і педагогічні вищі навчальні заклади, що підтверджує важливість використання комп'ютерного моделювання в процесі навчання студентів.

Проте в більшості аграрно-технічних навчальних закладах, даному напрямку навчання студентів не приділяється значна увага. Ще рідше дана методика використовується на заняттях з фізики. Хоча така необхідність є в зв'язку зі значною кількістю дисциплін, що напряму чи опосередковано залежать від курсу фізики і в яких в подальшому використовуватися комп'ютерне моделювання.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Варто відмітити, що розвиток комп'ютерної техніки і відповідного програмного забезпечення в нашій державі на сьогодні є на досить високому рівні, незважаючи на значне подорожчання як програмного забезпечення так і самих комп'ютерів. Основною позитивною складовою такого стану є те, що комп'ютерні системи увійшли в навчальний процес досить давно, для багатьох навчальних закладів процес комп'ютеризації розпочався ще в кінці 1990-х років. Тому на сьогоднішній день існує значна кількість наукових і науково-методичних праць та досліджень присвячених проблемі використання комп'ютерного моделювання в процесі навчання, як фізики, так і інших суміжних дисциплін.

Проведений аналіз показує, що починаючи зі школи більшість учні мають уявлення про засоби комп'ютерного моделювання з фізики. Багато науковців що працюють, або мають пряме відношення до загальноосвітніх навчальних закладів приділяють цьому питанню значну увагу. Так в [1, с. 77-81] розглядаються питання застосування методів комп'ютерного моделювання у процесі викладання курсу фізики в середній та вищій школах. В статті Муляра В.П. проведено аналіз дидактичних функцій комп'ютерного моделювання у процесі навчання фізики в загальноосвітній школі [2, с. 37-40]. На даний момент не залишилось осторонь питання щодо дидактичних можливостей комп'ютерного моделювання під час проведення уроків з фізики в школі [3, с. 30-32]. З розвитком комп'ютерних технологій широко застосовується метод дистанційного навчання як учнів так і студентів [4, с. 36-48]. Даному питанню приділяється значна увага і в педагогічних навчальних закладах. Так в [5, с. 34-41] розкрито зміст теоретичної підготовки вчителя з формування й розвитку пізнавальної активності учнів, визначено вплив віртуального фізичного експерименту на перебіг цих процесів, запропоновано рекомендації з проектування навчального процесу. Приділяється значна увага розвитку пізнавальної активності школярів [6, с. 169-171]. Така основа дає впевненість, що учні прийшовши у вищий навчальний заклад будуть мати відповідний багаж знань.

Значна увага комп'ютерному моделюванню приділяється і в багатьох вищих

навчальних закладах по території України. В науковій літературі висвітлюються різні підходи до цього питання як з точки зору ІКТ [7, с. 188-190; 8, с. 68-69] так і з точки зору майбутніх викладачів [9, с. 130-133]. Також в багатьох працях значна увага приділяється методиці проведення віртуальних лабораторних робіт [10, с. 285-287; 11, с. 132-138] і не тільки за допомогою спеціально розроблених для цього програмних засобів. Також дослідження показують переваги навіть самостійного процесу навчання з використанням комп'ютерних дидактичних засобів, щодо моделювання фізичних процесів при вивченні теоретичної фізики [12, с. 56-67]. Незважаючи на значну увагу що приділяється комп'ютерному моделюванню, все ж залишаються значні прогалини в методиці використання відповідних програмних засобів при вивченні фізики в аграрно-технічному університеті при підготовці студентів за освітніми напрямками: «Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва», «Енергетика та електротехнічні системи в агропромисловому комплексі», «Транспортні технології», «Автомобільний транспорт».

**Метою** статті є розробка методики використання комп'ютерних технологій, для моделювання фізичних процесів на лабораторних заняттях з фізики в аграрно-технічних навчальних закладах, та підбір оптимальних програмних засобів для забезпечення такого навчання.

**Методологія.** Моделювання, на заняттях з фізики – це можливість відтворювати різні експерименти в віртуальному середовищі за допомогою спеціальних програм [13, с. 93-97; 14, с. 91-92]. Така діяльність дозволяє глибше засвоїти відповідний фізичний матеріал, проектуючи фізику реального світу у віртуальних середовищах і сприяє поглибленому вивченню математичного апарату для опису відповідних фізичних явищ. Зрозуміло що віртуальні фізичні досліди не можуть в повній мірі замінити реальні дослідження, які завжди є цікавішими і більш інформативними. Проте моделювати фізику на комп'ютері інколи простіше, і без сумніву набагато дешевше.

Нами було зроблено аналіз програмних продуктів, що дають можливість за допомогою розрахункових методів (метод кінцевих елементів) оцінити, як поведеться комп'ютерна модель виробу в реальних умовах експлуатації і виділено два, які найбільше відповідають поставленим вимогам а саме:

- зручний інтерфейс, що дає можливість легко і швидко створювати відповідні фізичні моделі для їх дослідження;
- можливість моделювати фізичні процеси механіки, термодинаміки та електрики;
- взаємодія з системами автоматизованого проектування (САП або САІР);
- легкість в освоєнні програмного продукту;
- доступність на ринку;

До таких систем CAE (англ. Computer-aided engineering) належать такі програми як COMSOL Multiphysics та ANSYS.

Як зазначається на сайті виробника COMSOL Multiphysics – програмне забезпечення призначене для моделювання будь-яких фізичних систем, що включає в себе графічний користувальницький інтерфейс і набір інтерфейсів і інструментів моделювання, які призначені для стандартних завдань. Додаткові модулі розширюють можливості платформи мультифізичного моделювання, забезпечуючи моделювання для специфічних областей а також застосування і інтеграцію з програмними пакетами сторонніх розробників і їх функціями. Завантажити програму можна за електронним адресом: <https://www.comsol.ru/contact>, попередньо зареєструвавшись на сайті компанії і отримавши від виробника ліцензійний ключ доступу.

Можливості програми надзвичайно великі, проте основним недоліком є малий термін безкоштовного користування програмою, а саме 14 днів. Можна отримати додатковий термін замовивши програму, наприклад в компанії softline (<http://softline.ru/>), де на запит користувача дається ключ на демо версію (з повним функціоналом) на два

тижні.

ANSYS – програмне забезпечення дозволяє вирішувати широке коло задач в областях міцності, тепла, гідрогазодинаміки, електромагнетизму, а також міждисциплінарного аналізу, що об'єднує всі чотири області. Дозволяє проводити оптимізацію конструкції на основі всіх перерахованих типів аналізу, а також забезпечує двосторонній зв'язок з багатьма CAD пакетами. Даний програмний продукт студенти можуть безкоштовно завантажити на сайті компанії за електронним адресом: <http://www.ansys.com/Products/Academic/ANSYS-Student>. Для студентів дається безкоштовна ліцензія терміном на шість місяців, що цілком достатньо для освоєння і проведення моделювання фізичних процесів в даному середовищі.

Для отримання повної версії програмного забезпечення як від першого так і від другого виробника, необхідним є придбання безтермінової ліцензії.

Як показала практика використання даних програмних продуктів моделювання фізичних процесів сприяє розвитку дослідницького навчання, наближає процес навчання до наукового пошуку, що є принципово важливим з точки зору педагогіки. Такий підхід створює необхідну мотивацію для пізнавальної діяльності і є невід'ємною частиною сучасної фундаментальної та прикладної науки, і по своїй суті є близьким до експериментальних і теоретичних методів. Тому майбутні науковці та інженери обов'язково повинні володіти технологією комп'ютерного моделювання, вміти досліджувати різні фізичні явища і процеси за допомогою комп'ютера. Ефективність методики комп'ютерного моделювання фізичних процесів також підтверджується і іншими авторами [15, с. 138 – 142].

Суть методу комп'ютерного моделювання фізичних явищ полягає в тому, що створюється математична модель процесу. Здійснюється заміна реального об'єкта відповідною віртуальною моделлю, що дає можливість сформулювати завдання для його вивчення з точки зору математичного апарату і скористатися універсальним математичними методами, які не залежить від природи об'єкта.

Основна мета при використанні комп'ютерного моделювання фізичних процесів – дати уявлення студентам про роль комп'ютерів в сучасній фізиці, основні методи комп'ютерного моделювання та області їх застосування, продемонструвати особливості застосування основних методів комп'ютерного моделювання в механіці, термодинаміці та електромагнетизмі. Навчити студентів застосовувати сучасні комп'ютерні програми моделювання в їх науково дослідній роботі, дати поняття методів моделювання та вимоги, які ставляться до моделі. Ознайомити студентів з програмуванням при комп'ютерному моделюванні фізичних процесів і забезпечити всебічний розвиток особистості при проведенні лабораторних робіт з фізики.

Обидві програми дають можливість комп'ютерного моделювання з механіки, термодинаміки і електрики. Застосування такого підходу на лабораторних заняттях на курсах загальної фізики та вищої математики збільшують інтерес студентів до вивчення необхідного матеріалу. Позитивним моментом є також те, що велику кількість відео уроків можна знайти в інтернеті, використовуючи які можна продублювати багато моментів по моделюванню відповідних фізичних процесів.

**Результати.** Так, запроваджено використання комп'ютерних програм під час виконання низки лабораторних робіт:

1. Визначення прискорення вільного падіння за допомогою математичного маятника (рис. 1).
2. Вимірювання потужності в колах змінного струму
3. Визначення моменту інерції тіла методом крутильних коливань.
4. Визначення коефіцієнта внутрішнього тертя за Стоксом.
5. Визначення коефіцієнта трансформації та коефіцієнта корисної дії

трансформатора.

6. Визначення індуктивності котушки за допомогою вольтметра і амперметра.
7. Визначення модуля Юнга (рис. 2).
8. Дослідження законів обертового руху на хрестоподібному маятнику Обербека.

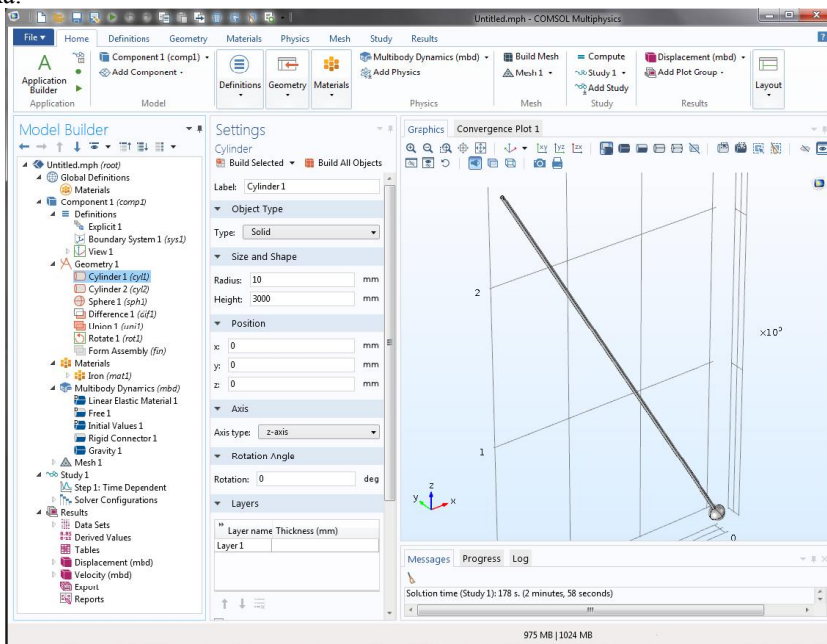


Рис. 1. Комп'ютерна модель математичного маятника в програмі COMSOL Multiphysics

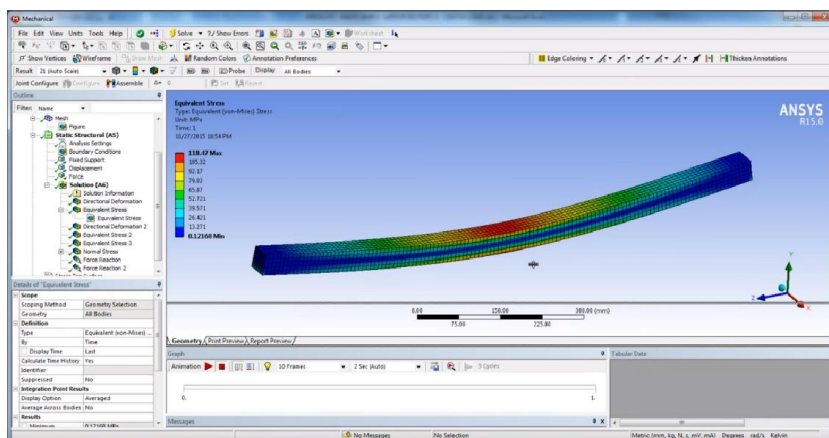


Рис. 2. Комп'ютерна модель для визначення модуля Юнга в програмі ANSYS

В результаті використання комп'ютерного моделювання фізичних процесів на лабораторних роботах з фізики з допомогою COMSOL Multiphysics та ANSYS студенти оволодівають новими навиками:

– вивчають основні методи комп'ютерного моделювання фізичних систем;  
– отримують знання про особливості моделювання фізичних систем;  
– здобувають навички по аналізу комп'ютерних моделей фізичних процесів;  
– вчаться на практиці застосовувати програми загального і спеціального призначення для моделювання фізичних процесів.

Здійснюючи комп'ютерне моделювання в програмах COMSOL Multiphysics чи ANSYS студенти інженерно технічного факультету:

– краще запам'ятовують основні фізичні величини, одиниці їх вимірювань;  
– вивчають нові підходи і методики основи теорії похибок та правила обробки результатів вимірювань;  
– по новому сприймають загальні фізичні закономірності, що лежать в основі процесів, які відбуваються в різних середовищах;  
– вчаться давати характеристики зовнішнім фізичним факторам впливу на механізми;  
– на практиці застосовувати сучасні методи та технології.

**Висновки.** Застосування елементів комп'ютерного моделювання з використанням анімації процесів дозволяє досягти кращої якості, пробуджує творчі можливості студентів, сприятиме розвитку критичного мислення, виробленню вмінь і навичок практичного використання отриманих знань.

Моделювання фізичних процесів на лабораторних заняттях з фізики дає можливість:

– застосовувати набуті знання у процесі вивчення спеціальних дисциплін і в майбутній роботі за спеціальністю;  
– краще пояснювати фізичні принципи, процеси та механізми;  
– встановлювати та враховувати наслідки впливу різноманітних зовнішніх фізичних факторів на машини та механізми;  
– глибше уявляти основні принципи дії та можливість застосування сучасних фізичних методів моделювання для аналізу приладів на практиці.

В перспективі розробка методики проведення лабораторних робіт з фізики з використанням програмного забезпечення ANSYS. Створення пакету віртуальних лабораторних робіт з механіки, термодинаміки та електрики для вивчення і дослідження додаткових аспектів в областях міцності матеріалів, тепла і теплопередачі, електромагнетизму, а також міждисциплінарного аналізу. Створення і використання на основі розроблених моделей фізичних анімацій.

#### Список використаних джерел

1. Бабенко М. І. Методи комп'ютерного моделювання при розв'язуванні фізичних задач в курсі фізики вищої та середньої школи / М. І. Бабенко // Інформаційні технології в освіті. – 2013. – № 17. – С. 77-81 Режим доступу: <http://ite.kspu.edu/issue-17/p-77-81>.
2. Муляр В. П. Дидактичні функції комп'ютерного моделювання у навчальному процесі з фізики / Моделювання в навчальному процесі: матеріали Всеукр. наук.-практ. інтернет-конференції (23–27 лют. 2015 р) / уклад. Н. А. Головіна. – Луцьк : Вежа-Друк, 2015. – С. 37–40.
3. Ігнатюк І. В. Комп'ютерне моделювання на уроках фізики в загальноосвітній школі / Формування самостійної пізнавальної діяльності учнів та студентів при вивченні фізико-математичних дисциплін: матеріали Всеукр. наук.-практ. інтернет-конференції (7–12 квіт. 2014 р) / уклад. Н. А. Головіна. – Луцьк : Вежа-Друк, 2014. – С. 30–32.
4. Головка М. В. Моделювання віртуального фізичного експерименту для систем дистанційного навчання в загальноосвітній і вищій педагогічній школах [Електронний ресурс] / М. В. Головка, С. Ю. Крижановський, В. М. Мацюк // Інформаційні технології і засоби навчання. – 2015. – Т. 47, № 3. – С. 36-48. – Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/ITZN\\_2015\\_47\\_3\\_6](http://nbuv.gov.ua/UJRN/ITZN_2015_47_3_6).
5. Шарко В. Д. Підготовка вчителя до розвитку пізнавальної активності учнів засобами

віртуального фізичного експерименту як методична проблема / В. Д. Шарко // Інформаційні технології в освіті. – 2013. – № 14. – С. 34-41. – Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/itvo\\_2013\\_14\\_7](http://nbuv.gov.ua/UJRN/itvo_2013_14_7)

6. Олефір Л.А. Завдання з моделювання фізичних явищ як один з шляхів реалізації дослідницького підходу у навчанні фізики / Л. Олефір ; наук. кер. В.М. Базурін // Науково-методична конференція викладачів, співробітників і студентів: тези доповідей, Конотоп, 29 березня 2012 р. / Відп. за вип. В.В. Бібик. – Суми : СумДУ, 2012. – Ч.2.

7. Олефір Л.А. Застосування ІКТ для моделювання фізичних явищ / Л.А. Олефір, В.М. Базурін // Науково-методична конференція викладачів, співробітників і студентів (28 квітня 2011р). – Суми.

8. Торчук М.В. Формування професійної компетентності студентів аграрних університетів засобами інформаційних технологій в процесі вивчення фізики / Інформаційні технології в професійній діяльності: Матеріали матеріали VI Всеукраїнської науково-практичної конференції (28-29 квітня 2011р). – Рівне.

9. Базурін В.М. Завдання на моделювання фізичних явищ як приклад реалізації дослідницького підходу у навчанні інформатики майбутніх учителів математики і фізики / В.М. Базурін // Науково-методична конференція викладачів, співробітників і студентів (29 березня 2012 р). – Суми.

10. Торчук М.В. Особливості використання комп'ютерних технологій при вивченні фізики / Матеріали Всеукраїнської науково-методичної конференції (19-20 травня 2011р). – Кам'янець-Подільський.

11. Торчук М.В. Комп'ютерні засоби навчання фізики студентів аграрно-технічних університетів / Торчук М.В., Слободян С.Б., Збаравська Л. Ю. // Педагогічний альманах – Херсон: РІПО, 2011. – № 9. – 287с.

12. Коновал О. А. Комп'ютерне моделювання як засіб підтримки самостійної роботи студентів при вивченні теоретичної фізики / О. А. Коновал, Т. І. Туркот // Інформаційні технології в освіті. – 2013. – № 17. – Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/itvo\\_2013\\_17\\_5](http://nbuv.gov.ua/UJRN/itvo_2013_17_5).

13. Хазіна С. А. Комп'ютерне моделювання фізичного процесу у різних програмних середовищах / С. А. Хазіна // Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання. Нац. пед. ун-т імені М. П. Драгоманова – К. : НПУ, 2008. – С. 93–97.

14. Дудик М. В. Моделювання фізичних явищ у комп'ютерних навчальних програмах: навч. посіб. / М. В. Дудик, С. А. Хазіна. – Умань : Алмі, 2009. – 96 с.

15. Приймак М. Є. Реалізація міжпредметних зв'язків фізики та інформатики з використанням комп'ютерного моделювання / М. Є. Приймак, Д. М. Приймак, О. П. Приймак // Формування самостійної пізнавальної діяльності учнів та студентів при вивченні фізико-математичних дисциплін: матеріали Всеукр. наук.-практ. інтернет-конференції (7–12 квіт. 2014 року) – Луцьк.

### References

1. Babenko M. I. (2013) Metody komp'uternoho modeliuвання pry rozv'iazuvanni fizychnykh zadach v kursy fizyky vyschoi ta seredn'oi shkoly [Computer simulation methods for solving physical tasks in the course of physics at high and secondary schools]. *Informatsijni tekhnologii v osviti*. № 17. pp. 77-81. Retrieved from: <http://ite.kspu.edu/issue-17/p-77-81> [in Ukrainian].

2. Muliar V. P. Dydaktychni funktsii komp'uternoho modeliuвання u navchal'nomu protsesi z fizyky [Teaching computer simulation tool in the learning process in physics] *Modeliuвання v navchal'nomu protsesi: materialy Vseukr. nauk.-prakt. internet-konferentsii (23–27 liut. 2015 roru)*. Luts'k: Vezha-Druk, 2015. pp. 37–40. [in Ukrainian].

3. Ihnatiuk I. V. Komp'uterne modeliuвання na urokakh fizyky v zahal'noosvitnij shkoli [Computer modeling in physics lessons at secondary school] *Formuvannya samostijnoi piznaval'noi diial'nosti uchniv ta studentiv pry vuvchenni fizyko-matematychnykh dystsyplyn: materialy Vseukr. nauk.-prakt. internet-konferentsii (7–12 kvit. 2014 roku)*. uklad. N. A. Holovina. Luts'k : Vezha-Druk, 2014. pp. 30–32. [in Ukrainian].

4. Holovko M. V. (2015) Modeliuвання virtual'noho fizychnoho eksperymentu dlia system dystantsijnogo navchannia v zahal'noosvitnij i vyschij pedahohichnij shkolakh [Virtual modeling of physical experiment for distance learning systems in the secondary and higher pedagogical schools]



*Informatsijni tekhnologii i zasoby navchannia*. T. 47, № 3. pp.36-48. – Retrieved from: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/ITZN\\_2015\\_47\\_3\\_6](http://nbuv.gov.ua/UJRN/ITZN_2015_47_3_6) [in Ukrainian].

5. Sharko V. D. (2013) Pídotovka vchytelia do rozvytku piznaval'noi aktyvnosti uchniv zasobamy virtual'noho fizychnoho eksperymentu iak metodychna problema [Training to development of pupils cognitive activity by means of virtual physical experiment] *Informatsijni tekhnologii v osviti*. № 14. 34-41 p. Retrieved from: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/itvo\\_2013\\_14\\_7](http://nbuv.gov.ua/UJRN/itvo_2013_14_7) [in Ukrainian].

6. Olefir L.A. Zavdannia z modeliuvannia fizychnykh iavysch iak odyń z shliakhiv realizatsii doslidnyts'koho pidkходу u navchanni fizyky [The task of modeling of physical phenomena as a way of implementing research approach in teaching physics] *Naukovo-metodychna konferentsiia vykladachiv, spivrobitnykiv i studentiv: tezy dopovidej, Konotop, (29 bereznia 2012 roku)*. Sumy: SumDU, 2012. Ch.2. [in Ukrainian].

7. Olefir L.A. Zastosuvannia IKT dlia modeliuvannia fizychnykh iavysch [The use of ICT for simulations of physical phenomena] *Naukovo-metodychna konferentsiia vykladachiv, spivrobitnykiv i studentiv (28 kvitnia 2011 roku)*. – Sumy. [in Ukrainian].

8. Torchuk M.V. Formuvannia profesijnoi kompetentnosti studentiv ahrarnykh universytetiv zasobamy informatsijnykh tekhnolohij v protsesi vyvchennia fizyky [Formation of professional competence of students of agricultural universities by means of information technologies in the study of physics] *Informatsijni tekhnologii v profesijnij diial'nosti: Meterialy materialy VI Vseukrains'koi naukovo-praktychnoi konferentsii (28-29 kvitnia 2011r)*. Rivne. [in Ukrainian].

9. Bazurin V.M. Zavdannia na modeliuvannia fizychnykh iavysch iak pryklad realizatsii doslidnyts'koho pidkходу u navchanni informatyky majbutnykh uchyteliv matematyky i fizyky [The task for the simulation of physical phenomena as the example of the research approach in teaching science future teachers of mathematics and physics] *Naukovo-metodychna konferentsiia vykladachiv, spivrobitnykiv i studentiv (29 bereznia 2012 roku)*. – Sumy. [in Ukrainian].

10. Torchuk M.V. Osoblyvosti vykorystannia komp'uternykh tekhnolohij pry vyvchenni fizyky [Features of the use of computer technology in the study of physics] *Materialy Vseukrains'koi naukovo-metodychnoi konferentsii (19-20 travnia 2011r)*. Kam'ianets'-Podil's'kyj [in Ukrainian].

11. Torchuk M.V. (2011) Komp'uterni zasoby navchannia fizyky studentiv ahrarno-tekhnichnykh universytetiv [Computer training tools physics students Agricultural and Technical University] *Pedahohichnyj al'manakh. Kherson: RIPO, № 9. pp.132-138* [in Ukrainian].

12. Konoval O. A. (2013) Komp'uterne modeliuvannia iak zasib pidtrymky samostijnoi roboty studentiv pry vyvchenni teoretychnoi fizyky [Computer simulation as a support of independent work of students in studying theoretical physics]. *Informatsijni tekhnologii v osviti*. № 17. – Retrieved from: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/itvo\\_2013\\_17\\_5](http://nbuv.gov.ua/UJRN/itvo_2013_17_5) [in Ukrainian].

13. Khazina S. A. (2008) Komp'uterne modeliuvannia fizychnoho protsesu u riznykh prohramnykh seredovyschakh [Computer modeling of physical processes in various software environments] *Komp'uterno-orientovani systemy navchannia*. Nats. ped. un-t imeni M. P. Drahomanova K.: NPU, pp. 93–97 [in Ukrainian].

14. Dudyk M. V. (2009) *Modeliuvannia fizychnykh iavysch u komp'uternykh navchal'nykh prohramakh: navch. posib. [The modeling of physical phenomena in computer training programs]* Uman': Almi [in Ukrainian].

15. Pryjmak M. Ye. Realizatsiia mizhpredmetnykh zv'iazkiv fizyky ta informatyky z vykorystanniam komp'uternoho modeliuvannia [Implementing inter-subject relations of physics and computer science using computer simulation] Formuvannia samostijnoi piznaval'noi diial'nosti uchniv ta studentiv pry vyvchenni fizyko-matematychnykh dystsyplin: *materialy Vseukr. nauk.-prakt. internet-konferentsii (7–12 kvitnja 2014 roku)* Luts'k. [in Ukrainian].