



МОДЕЛЮВАННЯ В ОСВІТНЬОМУ ПРОЦЕСІ

Матеріали Всеукраїнської науково-практичної
Інтернет-конференції з міжнародною участю,
присвяченої 90-річчю від дня народження
професора Калапуши Леоніда Романовича

(5–7 червня 2020 року)

Міністерство освіти і науки України
Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки
Волинський інститут післядипломної педагогічної освіти

МОДЕЛЮВАННЯ В ОСВІТНЬОМУ ПРОЦЕСІ

Матеріали Всеукраїнської науково-практичної Інтернет-конференції
з міжнародною участю,
присвяченої 90-річчю від дня народження
професора Калапуши Леоніда Романовича
(5–7 червня 2020 року)

Луцьк
Вежа-Друк
2020

УДК 53:001.893.54
М 74

*Рекомендовано до друку вченою радою
Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки
(протокол № 8 від 23 червня 2020 року)*

Організатори: кафедра експериментальної фізики та інформаційно-вимірвальних технологій Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки, кафедра теорії та методики викладання шкільних предметів Волинського інституту післядисловної педагогічної освіти.

Видавничий комітет: Мартинюк О. С., Головіна Н. А., Кобель Г. П.

Моделювання в освітньому процесі : матеріали Всеукр. наук.-практ. Інтернет-конф. з міжнар. участю, присвяченої 90-річчю від дня народження професора Калапуши Леоніда Романовича (Луцьк, 5-7 черв. 2020 р.) / уклад. Н. А. Головіна, Г. П. Кобель, О. С. Мартинюк. – Луцьк : Вежа-Друк, 2020. – 160 с.

ISBN 978-966-940-310-0

У книзі вміщено матеріали Всеукраїнської науково-практичної Інтернет-конференції з міжнародною участю, присвяченої 90-річчю від дня народження професора Калапуши Леоніда Романовича (5-7 червня 2020 року).

Видання здійснено на основі авторських текстів та підготовлено до друку програмним та видавничим комітетами конференції.

УДК 53:001.893.54

ISBN 978-966-940-310-0

© Головіна Н. А., Кобель Г. П.,
Мартинюк О. С. (укладання), 2020
© Маліневська І. П. (обкладинка), 2020

ЗМІСТ

1	Головіна Н. А., Кобель Г. П., Мартинюк О. С. ПАМ'ЯТІ ЛЕОНІДА РОМАНОВИЧА КАЛАПУШИ	5
2	Атаманчук П. С., Мендерецький В. В., Панчук О. П. МОДЕЛЮВАННЯ ЯК МЕХАНІЗМ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ОСВІТИ	12
3	Бутрим Т. А. МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ У РОЗВ'ЯЗУВАННІ ФІЗИЧНИХ ЗАДАЧ	16
4	Вашук О. В., Вашук Л. А. 3D МОДЕЛЮВАННЯ ФІЗИЧНИХ ЯВИЩ ТА ВІЗУАЛІЗАЦІЯ ФІЗИЧНИХ ПРОЦЕСІВ	20
5	Галатюк Ю. М., Галатюк Т. Ю. МОДЕЛЮВАННЯ В МЕТОДОЛОГІЇ РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ФІЗИЧНИХ ЗАДАЧ	25
6	Головіна Н. А., Головін М. Б. ВИВЧЕННЯ ФІЗИКИ ЧЕРЕЗ МОДЕЛЮВАННЯ НА VISUAL PYTHON НА ПРИКЛАДІ СИЛОВОЇ ВЗАЄМОДІЇ ДВОХ ЧАСТИНОК	29
7	Гриб'юк О. О. КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ У ПРОЦЕСІ ДОСЛІДНИЦЬКОГО НАВЧАННЯ УЧНІВ ПРЕДМЕТІВ МАТЕМАТИЧНОГО ЦИКЛУ З ВИКОРИСТАННЯМ СИСТЕМА ДИНАМІЧНОЇ МАТЕМАТИКИ GEOGEBRA	35
8	Дишко К. А., Калугіна І. М., Михальчук І. С. МОДЕЛЮВАННЯ ПОЛІТЕХНІЧНОГО АСПЕКТУ ГУРТКОВОЇ РОБОТИ: ФОРМУВАННЯ СТАТИСТИЧНОЇ КУЛЬТУРИ ВИХОВАНЦІВ ПОЗАШКІЛЛЯ	45
9	Ілюшко В. В. ФОРМУВАННЯ ТВОРЧОЇ АКТИВНОСТІ УЧНІВ В ПРОЦЕСІ КОНСТРУЮВАННЯ НАВЧАЛЬНИХ ПРИЛАДІВ	52
10	Кобель Г. П. ДЕМОНСТРАЦІЙНИЙ ВАРІАНТ УСТАНОВКИ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ МОЛЕКУЛЯРНИХ ЯВИЩ (УММЯ)	56
11	Кремінський Б. Г. МОДЕЛЮВАННЯ ЯК ЗАСІБ І КРИТЕРІЙ РОЗВИТКУ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ЗДІБНОСТЕЙ УЧНІВ	62
12	Крохмаль Т. М., Нікітенко О. М. МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ В САМОСТІЙНІЙ РОБОТІ	66
13	Мартинюк О. С. МОДЕЛЮВАННЯ ЯК МЕТОД НАУКОВОГО ПІЗНАННЯ: КРИТЕРІЙ ТА УМОВИ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ	71
14	Мартинюк О. О. ВИКОРИСТАННЯ МОБІЛЬНИХ ЗАСТОСУНКІВ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ФІЗИЧНИХ ПРОЦЕСІВ ПРИ ВИКОНАННІ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ З ФІЗИКИ	75

15	Мельник Ю.С. КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ В ПРОЦЕСІ РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ЗАДАЧ БАЗОВОГО КУРСУ ФІЗИКИ	81
16	Моклюк М. О., Заболотний В. Ф., Мисліцька Н. А. РЕАЛІЗАЦІЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ УЧНІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ЦИФРОВОЇ ЛАБОРАТОРІЇ	87
17	Моклюк М. О., Сільвейстр А. М. МОДЕЛЮВАННЯ ФІЗИЧНИХ ЯВИЩ І ПРОЦЕСІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ЕЛЕКТРОННИХ ТАБЛИЦЬ	92
18	Муляр В. П., Цибульська В. А. ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМИ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ ПРОСКТУВАННЯ ЗАВДАНЬ З ФІЗИКИ	96
19	Панкевич С. С. ОРГАНІЗАЦІЯ ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ В УМОВАХ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ	101
20	Полетило С. А. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ЗАДАЧІ НА УРОКАХ ФІЗИКИ	106
21	Савош В. О. ПЕДАГОГІЧНІ УМОВИ РОЗВИТКУ ГОТОВНОСТІ ВЧИТЕЛІВ ФІЗИКИ ДО ОРГАНІЗАЦІЇ САМОСТІЙНОЇ ПІЗНАВАЛЬНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ СТАРШОКЛАСНИКІВ ЗАСОБАМИ МОДЕЛЮВАННЯ	110
22	Серілко Л. С., Ляшук О. Л., Сасюк З. К., Серілко Д. Л. ВПЛИВ ПЕРЕТВОРЕНОГО СУХОГО ТЕРТЯ НА КОЛИВАННЯ ФІЗИЧНОГО МАЯТНИКА	117
23	Сосницька Н. Л. МЕТОДОЛОГІЧНІ КОНЦЕПТИ МОДЕЛЬНОГО ПІДХОДУ ДО ПРОГНОЗУВАННЯ РОЗВИТКУ ОСВІТИ	121
24	Сосницька Н. Л., Дьоміна Н. А., Морозов М. В., Рожкова О. П., Халанчук Л. В. МОДЕЛЮВАННЯ ЯВИЩА ДИФРАКЦІЇ СВІТЛА	126
25	Старовойтова Е. Л. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК КОМПОНЕНТ ПРИКЛАДНОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ ОБУЧЕНИЯ МАТЕМАТИКЕ БАКАЛАВРОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ	131
26	Тесленко Тетяна Василівна ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ МАТЕМАТИЧНОЇ ІНДУКЦІЇ	136
27	Хомутенко М. В., Садовий М. І., Трифонова О. М., Курнат Г. Л. ЦИФРОВЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЯК МЕТОД РОЗВИТКУ ТВОРЧИХ ЗДІБНОСТЕЙ СУБ'ЄКТІВ НАВЧАННЯ	141
28	Чинчой О. О. РОЗШИРЕННЯ КРУГОЗОРУ УЧНІВ ПІД ЧАС ВИГОТОВЛЕННЯ САМОРОБНИХ НАОЧНИХ ПОСІБНИКІВ З ФІЗИКИ	147
29	Швай О. Л. УДОСКОНАЛЕННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ ГРАМОТНОСТІ УЧНІВ	151
30	Відомості про авторів	155

УДК 53(092)

Головіна Ніна Анатоліївна, кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри експериментальної фізики та інформаційно-вимірювальних технологій, Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки;
Кобель Григорій Петрович, кандидат педагогічних наук, доцент кафедри експериментальної фізики та інформаційно-вимірювальних технологій, Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки
Мартинюк Олександр Семенович, доктор педагогічних наук, професор кафедри експериментальної фізики та інформаційно-вимірювальних технологій, Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки

ПАМ'ЯТІ ЛЕОНІДА РОМАНОВИЧА КАЛАПУШИ

Висвітлено життєвий шлях та досягнення відомого педагога, одного із засновників фізичної науки на Волині Леоніда Романовича Калапуши.

Ключові слова: життєвий шлях, наукова діяльність, основні результати, Волинський національний університет імені Лесі Українки.

Holovina N.A., Kobel' G.P., Martynyuk O.S. In the Commemoration to Leonid Romanovych Kalapusha. The life and the achievements of well-known teacher, one of Volyns' physics founders Leonid Romanovych Kalapusha are considered.

Key words: life, scientific activities, main results, Lesja Ukrainka Volyn National University.

У цьому році виповнюється 90 років від народження Леоніда Романовича Калапуши, відомого науковця, фізика-методиста, професора, кандидата педагогічних наук, заслуженого працівника освіти України, завідувача кафедри загальної фізики та методики викладання фізики Волинського національного університету імені Лесі Українки. Він народився 15 грудня 1930 року у с. Топільне Рожищенського району Волинської області. Батьки Леоніда Романовича були простими



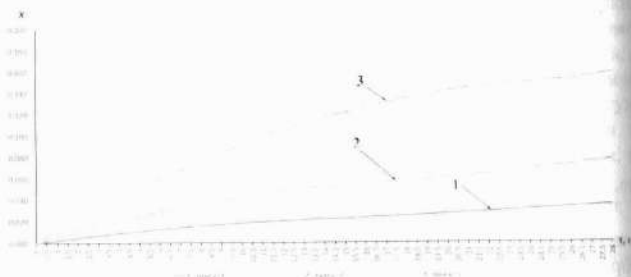


Рис. 3. Графік залежності переміщення втулки x вздовж горизонтальної осі від часу, при різних значеннях відносної сили F_1 ($r=0,01$ м, $f=0,4$, $l=0,5$ м, $\alpha_0=0^\circ$, $\dot{\alpha}_0=1$ рад/с).

Тоді безрозмірна середня швидкість руху втулки \bar{v} буде рівна

$$\bar{v} = \frac{2}{\pi} \cdot \frac{\gamma}{\sqrt{1-\gamma^2}} \quad (4)$$

а середня розмірна швидкість:

$$v = \bar{v} \cdot r \cdot \alpha_0 \quad (5)$$

За умови постійного значення амплітуди коливань маятника, середня швидкість руху втулки, буде сталою величиною. Оскільки коливання маятника є згасаючими, то звичайно і швидкість втулки буде зменшуватися. Але на початку руху похибка не перевищують 12% при $f < 0,3$, та 18% при $f < 0,45$.

Була спроектована та виготовлена експериментальна лабораторна установка, за допомогою якої були підтвердженні отримані результати.

Список використаних джерел

1. Бидерман В.Л. Теория механических колебаний. – М.: Высшая школа, 1980. – 408 с.
2. Бондаренко Л. Н. Момент трения в подшипниках скольжения / Бондаренко Л. Н., Демин Г. К., Буратинский А. П. // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури, № 9 (222). 2016. с. 36-41.
3. Митропольский, Ю.А. Метод усреднения в нелинейной механике. Киев: Наукова думка. 1971. 440.
4. Андронов В.В., Журавлев В.Ф. Сухое трение в задачах механики. – М.-Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», институт компьютерных исследований, 2010. – 184 с.

УДК 37.013.73

Сосницька Наталя Леонідівна,
доктор педагогічних наук,
професор, завідувач кафедри
вищої математики і фізики,
Таврійський державний агротехнологічний
університет імені Дмитра Моторного

МЕТОДОЛОГІЧНІ КОНЦЕПТИ МОДЕЛЬНОГО ПІДХОДУ ДО ПРОГНОЗУВАННЯ РОЗВИТКУ ОСВІТИ

Наведено методологічні норми щодо застосування модельного підходу в освітній сфері. Відповідно до методологічного, концептуального, теоретичного та практичного рівнів проектування освітніх систем, визначені види педагогічних моделей, де акцент зроблено на науковому прогнозуванні як ідеалізованій моделі освіти. Визначені методологічні концепти модельного підходу до прогнозування розвитку освіти.

Ключові слова: освіта, модельний підхід, модель, педагогічне моделювання, дидактична прогностика, прогнозування.

Sosnicka N. Methodological concepts of a model approach to forecasting the development of education.

Methodological standards for application of the model approach in the educational sphere are given in this article. According to methodological, conceptual, theoretical and practical levels of educational system design, types of pedagogical models are defined. In these models the emphasis was made on scientific forecasting as idealized model of education. Methodological concepts of a model approach to forecasting the development of education are defined.

Keywords: education, model approach, model, pedagogical modeling, didactic prognosis, forecasting.

Для методології науки в новому соціокультурному інтер'єрі принципове значення має евристична функція таких категорій, яка реалізується через якісно нові підходи пізнання дійсності (системний, структурний, функціональний, інформаційний, модельний, імовірнісний і т. ін.), що формуються на основі цих понять. Модельний підхід до пізнання полягає в тому, що вивчення властивостей, зв'язків та відношень одного об'єкта здійснюється через посередництво іншого – його моделі [9, с. 106]. Методологія моделювання в педагогіці – це створення моделей освітніх об'єктів, систем та процесів. С. Яблочников, дослідник системно-кібернетичного підходу до управління в освіті, аналізуючи досвід створення моделей в освітній сфері, визначив, що вченими-педагогами сформовані окремі методологічні норми щодо

застосування цього методу при практичній реалізації системних наукових педагогічних досліджень [11]:

- модель – це результат схематизації. Однак, її сутність залежить від загальної постановки задачі дослідником й глобальних цілей проведення аналізу, від очікуваних повноти й точності рішення (Ю. Овчарук);

- адекватно побудована модель повинна чітко відобразити найбільш істотні риси явища, що вивчаються, другорядні деталі та подробиці, як правило, моделлю не відображаються (В. Краєвський);

- при проведенні моделювання реальна ситуація свідомо спрощується. Однак, надмірні спрощення можуть зашкодити оволодінню об'єктивною інформацією стосовно об'єкту, а відмова від таких спрощень – суттєво утруднити пізнання (Р. Шадурі);

- визначення ступеня припустимого спрощення є наслідком проведення попереднього аналізу предмету моделювання. Фіксація в свідомості дослідника того факту, що спрощення – це лише спеціальний прийом теоретичного дослідження, а результат його реалізації – попередня модель, яка є одним з варіантів відображення складного реального педагогічного об'єкту. Ефективне використання моделі на практиці можливо тільки при активному використанні змістових методів педагогіки й суміжних із нею гуманітарних наук (Т. Лясова, В. Краєвський);

- застосування методів моделювання, математики й кібернетики в педагогічному системному дослідженні має специфічний характер, оскільки за допомогою їх інструментів пізнаються тільки окремі сторони педагогічних об'єктів, з більшою адекватністю вирішуються певні проблеми. Однак, вони не підміняють власні методи класичної педагогіки, а лише доповнюють їх (В. Загвязинський, М. Данілов).

Звертаючись до моделей взагалі, треба зазначити, що їх класифікують у різний спосіб. Зважаючи на соціальну природу педагогічних об'єктів, види педагогічних моделей дещо співзвучні із визначеними видами моделей, а дещо й відмінні, вказуючи на особливості педагогічної практики. Відповідно до методологічного, концептуального, теоретичного та практичного рівнів проектування освітніх систем, виділяють такі педагогічні моделі [2]:

- прогностичну модель для оптимального розподілу ресурсів і конкретизації цілей;

- концептуальну модель, засновану на інформаційній базі даних і програмою дій;

- інструментальну модель, за допомогою якої можна підготувати засоби виконання і навчити викладачів роботі з педагогічними інструментами;

- модель моніторингу для створення механізмів зворотного зв'язку та способів коректування можливих відхилень від планованих результатів;

- рефлексивну модель, яка розробляється для створення рішень у випадку виникнення несподіваних і непередбачених ситуацій.

О. Топузов зазначає, що «сучасна система освіти потребує прогнозування майбутніх суспільних та особистісних запитів до процесу навчання (і втілення відповідей на них в освітній практиці), тобто на випереджальний розвиток» [10, с. 36]. У цьому контексті дослідник визначає такі «завдання дидактичної прогностики щодо процесів навчання та освіти:

- прогнозування значущих змін у меті освіти й навчання, зважаючи на прогнози розвитку суспільства, найважливіші суспільні та особистісні потреби в майбутньому;

- передбачення перспективних завдань освіти, навчання і виховання в процесі навчання, вирішення яких сприятиме досягненню прогнозованої мети, дасть змогу задовольняти суспільні потреби, розв'язувати економічні й освітні проблеми, що поставатимуть у майбутньому;

- передбачення змін у змісті освіти на різних її ступенях, що відповідатимуть прогнозованим вимогам і потребам суспільства та особистості, дадуть змогу досягти мети й завдань освіти і навчання в майбутньому;

- виявлення закономірностей навчання, що пов'язані з прогнозованими змінами у майбутньому, обґрунтування на цій основі новітніх принципів і правил навчання;

- прогнозування нових методів і прийомів навчання, необхідних для досягнення прогнозованих цілей та завдань освіти і навчання, реалізації змісту освіти на різних ступенях освіти;

- передбачення шляхів удосконалення системи дидактичного контролю на різних ступенях освіти;

- прогнозування змін матеріально-технічної бази, визначення нових засобів навчання, необхідних для реалізації новітніх завдань цього процесу» [10, с. 35-36].

Для розв'язання цих завдань наука, техніка, виробництво, сфери духовного життя суспільства й освіта повинні розвиватися як єдина система. Очевидно тому докорінним змінам у зовнішньому стосовно системи освіти середовищі, і особливо в науці, техніці, виробництві, повинні відповідати істотні зміни й у системі освіти. Усе більше усвідомлюється той факт, що прогнози соціально-економічного й науково-технічного розвитку суспільства повинні органічно поєднуватися із прогнозами в галузі освіти. Ця думка настійно підкреслюється в багатьох роботах відомих учених педагогів: М. Анісімова, П. Атаманчука, Л. Благодаренко, С. Батишева, О. Бугайова, Б. Гершунського, Л. Калапуши, К. Корсака, Е. Костяшкіна, О. Ляшенка, І. Підласого, О. Пінського, Я. Прухи, Д. Пузіков, О. Сергєєва, М. Скаткіна, О. Топузова, М. Шута та ін., які висувають проблеми прогнозування й перспективного планування в сфері освіти до низки проблем першорядної важливості.

Узагальнюючи результати науково-педагогічного пошуку у напрямі дидактичної прогностики [1-5, 9-11] та власного досвіду наукового прогнозування розвитку змісту фізичної освіти [6-8], нами визначені методологічні концепти модельного підходу до прогнозування розвитку освіти:

- освіта імовірно детермінується комплексом діалектично пов'язаних певних об'єктивних і суб'єктивних чинників, які впливають на її розвиток;

- освіта – це не тільки система, а і процес, тоді виявляються не тільки моделі елементів педагогічної системи, а і моделі складових педагогічного процесу;

- освітні системи та процеси є досить складними як з точки зору великої кількості структурних компонентів, та і завдяки наявності великої кількості внутрішніх та зовнішніх зв'язків;

- пізнавальна діяльність та взаємодія суб'єктів освітнього процесу визначає інформаційний та імовірнісний характер усіх елементів;

- спрощення й схематизація дозволяють ефективно використовувати під час реалізації процесу моделювання математичні методи об'єктивного прогнозування.

Список використаних джерел

1. Анісімов М.В. Теоретико-методологічні основи прогнозування моделей у професійно-технічних навчальних закладах: [моногр.]. Київ-Кіровоград: ПОЛУМ, 2011. 464 с.
2. Брюханова Н.О., Корольова Н.В. Педагогічне моделювання: стан і тенденції розвитку. Теорія і практика управління соціальними системами, 2015. № 3. С. 64–71. URL: http://repository.kpi.kharkov.ua/bitstream/KhPI-Press/18044/1/TIPUSS_2015_3_Briukhanova_Pedahohichne_modeluvannia.pdf (дата звернення: 15.05.20)
3. Герциунский Б.С. Образовательно-педагогическая прогностика. Теория, методология, практика: учеб. пособие. М.: Флинта; Наука, 2003. 768 с.
4. Пузіков Д. О. Методика підготовки суб'єктів освітньої діяльності до застосування теоретичної моделі прогнозування розвитку загальної середньої освіти. Український педагогічний журнал. 2018. № 2. С. 75–82.
5. Пузіков Д. О. Теоретична модель прогнозування розвитку загальної середньої освіти. Український педагогічний журнал. 2017. № 4. С. 128–137.
6. Сосницька Н.Л. Наукове прогнозування розвитку сучасної фізичної освіти. Дидактика дисциплін природознавчо-математичної та технологічної освітніх галузей: зб. наук. праць Кам'янець-Подільського державного педагогічного університету. Сер.: педагогічна. Кам'янець-Подільський: Кам'янець-Подільський державний університет, інформаційно-видавничий відділ, 2004. Вип. 10. С. 46–49.
7. Сосницька Н.Л. Системне базаторівневе прогнозування розвитку змісту шкільного курсу фізики. Вісник ЧДПУ ім. Т.Г. Шевченка: Сер.: педагогічні науки. Чернівці: ЧДПУ, 2007. № 46. Т.1. С. 159–164.
8. Сосницька Н.Л. Формування і розвиток змісту шкільної фізичної освіти в Україні (історико-методологічний контекст): дис. ... д-ра пед. наук: спец. 13.00.02. Запоріжжя, 2008. 501 с.
9. Семенюк Е. П., Мельник В. П. Філософія сучасної науки і техніки. Львів: Світ, 2006. 152 с.
10. Топузов О. М. Педагогічна прогностика: теоретико-методична основа прогнозування розвитку педагогічних наук і педагогічної практики. Рідна школа. 2014. № 7. С. 32–38.
11. Яблочников С.Л. Науково-методичні засади системно-кібернетичного підходу до управління в освіті: [моногр.]. Вінниця: Едельвейс і К, 2009. 582 с.

Сосницька Наталя Леонідівна,
доктор педагогічних наук,
професор, завідувач кафедри
вищої математики і фізики,
Дьоміна Наталя Анатоліївна,
кандидат технічних наук, доцент
Морозов Микола Вікторович,
кандидат фізико-математичних наук, доцент
Рождова Олена Павлівна,
старший викладач
Халанчук Лариса Вікторівна,
асистент кафедри вищої математики і фізики,
Таврійський державний агротехнологічний
університет імені Дмитра Моторного

МОДЕЛЮВАННЯ ЯВИЩА ДИФРАКЦІЇ СВІТЛА

Досліджено явище дифракції при освітленні відбивних дифракційних ґраток з синусоїдальним та трикутним профілем штриха. Розглянута залежність інтенсивності відбитого у нормальному напрямі світла від глибини модуляції рельєфу ґратки. Крім того вивчена залежність інтенсивності від кута дифракції. Результати досліджень використовують для визначення дифракційної ефективності голографічних відбивних ґраток, голограм Бентона та обґрунтування способів вимірювання шорсткості поверхні.

Ключові слова: дифракція світла, відбивна дифракційна ґратка, дифракційна ефективність, шорсткість поверхні.

Sosnickaya N.L., Diomina N.A., Morozov M.V., Rozhkova O.P., Khalanchuk L.V. Simulation of the phenomenon of light diffraction

The phenomenon of diffraction at illumination of reflective diffractions of a lattice with a sinusoidal and triangular profile of a stroke is investigated. The dependence of the intensity of light reflected in the normal direction on the depth of lattice relief modulation is considered. In addition, the dependence of the intensity on the diffraction angle was studied. The research results are used to determine the diffraction efficiency of holographic reflective gratings, Benton holograms and to substantiate methods for measuring surface roughness.

Keywords: light diffraction, reflective diffraction grating, diffraction efficiency, surface roughness.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень і публікацій. В працях [1-3] розглядається імітаційне комп'ютерне моделювання явищ інтерференції та дифракції світла, зокрема отримання плями Пуассона при дифракції світла від круглого отвору та застосування моделювання цього явища у лабораторному практикумі з

фізики. Однак, отримання дифракційної структури, що аналогічна плямі Пуассона, при відбитті світла від тонкої непрозорої смуги авторами не розглядалося. В статтях [4-6] подано результати дослідження дифракції світла на відбивних ґратках з різними профілями штриха – прямокутному, синусоїдальному.

В контексті обґрунтування способів вимірювання шорсткості поверхні та визначенні дифракційної ефективності відбивних ґраток, значний інтерес представляє дослідження дифракційних ґраток з трикутним профілем, які отримуються при нелінійному голографічному запису дифракційних ґраток.

Виклад основного матеріалу. Розглянемо отримання голографічних відбивних дифракційних ґраток. У просторі реєстрації створюється інтерференційна картина двох плоских когерентних хвиль:

$$E_x = E_1 + E_2 + 2E_1 E_2 \cdot \cos \varphi \quad (1)$$

де $\varphi = \frac{2\pi \cdot \Delta}{\lambda}$ – різниця фаз двох когерентних хвиль;

$$\Delta = 2d \cdot \sin \beta \quad \text{– оптична різниця ходу;}$$

d – відстань між інтерференційними смугами (період голографічної відбивної ґратки).

При $E_1 = E_2$ умова максимуму має вигляд:

$$\Delta = 2d \cdot \sin \beta = \lambda \quad (2)$$

Тоді період відповідної голографічної дифракційної ґратки дорівнює:

$$d = \frac{\lambda}{2 \sin \beta} \quad (3)$$

де λ – довжина хвилі когерентного світла;

$$\alpha = 2\beta \quad \text{– кут між двома когерентними хвилями, які інтерферують.}$$

Якщо використовують лінійну реєстрацію, профіль дифракційної ґратки буде синусоїдальним (гармонічним). Рельєф гармонічної відбивної ґратки має вигляд:

$$Z = Z_m (1 + \sin k \cdot d) = Z_m (1 + \sin \frac{2\pi}{d} \cdot x) \quad (4)$$

де $k_1 = \frac{2\pi}{d}$ – хвильове число ґратки;

$$Z_m \quad \text{– амплітуда модуляції рельєфу ґратки.}$$

Розглянемо відбиття світла від гармонічної відбивної ґратки при нормальному освітленні та спостереженні. Оптична різниця ходу для одновимірної ґратки для плоскої хвилі дорівнює:

$$\Delta(Z_m, x) = 2\Delta_0 = 2(2Z_m - Z) = 2Z_m (1 - \sin \frac{2\pi}{d} \cdot x) \quad (5)$$

Тоді амплітуда відбитої хвилі при дифракції у першому скалярному наближенні для одного періоду дифракційної ґратки дорівнює для центрального максимуму:

$$E_1(Z_m) = \frac{E_0}{d} \int_0^d e^{i(\omega t - kx)} dx = E_0 \cdot e^{i\omega t} \cdot e^{-i2kZ_m} \cdot J_0(2kZ_m) \quad (6)$$

де $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ – хвильове число падаючої хвилі;

$J_0(2kZ_m)$ – функція Бесселя 0-го порядку.

Інтенсивність відбитого світла пропорційна квадрату амплітуди та дорівнює після усереднення по часу (рис. 1):

$$I_1(Z_m) = \langle E_1 \cdot E_1^* \rangle = J_0^2(2k \cdot Z_m) \quad (7)$$

Голографічні гармонічні відбивні ґратки використовують у метрології для вимірювання лінійних розмірів відповідальних деталей з надвисокою (0,1λ) точністю.

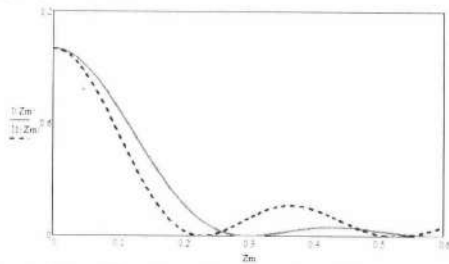


Рис. 1. Інтенсивність відбитої хвилі для гармонічної (I_1) та трикутної ґратки (1)

У випадку нелінійної реєстрації голографічної відбивної ґратки профіль штриху не буде синусоїдальним та у першому наближенні можливо вважати трикутним (рис. 2):

$$y = \begin{cases} 2y_m(1 - \frac{x}{\ell}) & \text{при } 0 \leq x \leq \ell \\ 2y_m(\frac{x}{\ell} - 1) & \text{при } \ell \leq x \leq 2\ell \end{cases} \quad (8)$$

де 2ℓ – період дифракційної ґратки;
 y_m – амплітуда трикутної ґратки.

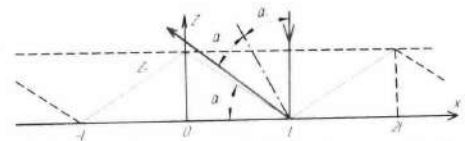


Рис. 2. Дифракція для трикутної відбивної ґратки: 2ℓ – період.

Оптична різниця ходу у випадку нормального освітлення та відбиття під кутом φ для плоскої хвилі дорівнює (рис. 2):

$$\begin{cases} \Delta_1 = \Delta_{11} + \Delta_{12} = x \cdot \text{tg} \alpha + (\text{tg} \varphi + \text{tg} \alpha) \cdot \sin \varphi & \text{при } 0 \leq x \leq \ell \\ \Delta_2 = \Delta_{21} + \Delta_{22} = (2\ell - x) \cdot \text{tg} \alpha + [x \cdot \text{tg} \varphi + (2\ell - x) \text{tg} \alpha] \cdot \sin \varphi & \text{при } \ell \leq x \leq 2\ell \end{cases} \quad (9)$$

Для нормального освітлення амплітуда відбитої під кутом φ плоскої хвилі дорівнює:

$$E_2(y_m, \varphi) = \frac{E_0}{\ell} \left(\int_0^\ell e^{i(\omega t - k \Delta_1)} \cdot dx + \int_\ell^{2\ell} e^{i(\omega t - k \Delta_2)} \cdot dx \right) \quad (10)$$

Якщо $\varphi = 0$ для центрального максимуму амплітуда дорівнює:

$$E_{2,0}(y_m) = \frac{E_0 \cdot e^{i\omega t}}{2k \cdot y_m} [\sin 2k \cdot y_m + i(\cos 2k \cdot y_m - 1)] \quad (11)$$

Інтенсивність нормально відбитого світла пропорційна квадрату амплітуди та дорівнює після усереднення по часу (рис. 1):

$$I_2(y_m) = \langle E_{2,0} \cdot E_{2,0}^* \rangle = \left(\frac{\sin k \cdot y_m}{k \cdot y_m} \right)^2 \quad (12)$$

Розглянемо залежність інтенсивності відбитої хвилі від кута φ спостереження при нормальному освітленні. Амплітуда відбитої хвилі в цьому випадку не визначається аналітично, інтеграл (10) може бути визначений чисельними методами з застосуванням програмування Mathcad.

Шорстку поверхню можливо уявити як випадковий набір відбивних дифракційних ґраток з трикутним або гармонічним профілем. Тому дослідження дифракції світла від відбивних дифракційних ґраток можливо застосувати для обґрунтування оптичного дистанційного способу вимірювання параметрів шорсткості, у першу чергу, R_a середнього арифметичного відхилення профіля, яке у першому наближенні дорівнює Z_m, y_m – амплітуди профілю відбивної ґратки [7].

Висновки. Розглянута дифракція світла для відбивних ґраток з гармонічним та трикутним рельєфом. Отримана залежність інтенсивності відбитого світла від амплітуди модуляції профілю поверхні відбивної ґратки при нормальному освітленні та спостереженні. Результати досліджень можливо використовувати для

визначення дифракційної ефективності голографічних відбивних ґраток, голограм Бентона та обґрунтування способів вимірювання шорсткості поверхні, а також для моделювання явища дифракції світла при вивченні курсу фізики (розділ «Хвильова оптика»).

Список використаних джерел

1. Атаманчук П.С., Сосницька Н.Л. Основи впровадження інноваційних технологій навчання фізиці: навч. посіб. Кам'янець-Подільський: Абетка-НОВА, 2007. 200 с.
2. Сосницька Н.Л. Удосконалення навчального експерименту з хвильової оптики засобами нових інформаційних технологій: автореф. дис. канд. пед. наук: 13.00.02. К., 1998. 23 с.
3. Сосницька Н.Л. Схема вивчення дидактичного блоку фізичної теорії на основі сучасних технологій навчання. Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики: зб. наук. праць: в 3-х т. Кривий Ріг: Видавничий відділ КДПУ, 2001. Т.2: Теорія та методика навчання фізики. С. 324-334.
4. Тимченко М.А., И.С. Спевак, Кац А.В. Аналитический подход к конструированию дифракционных решеток с заданными свойствами. Вісник ХНУ. Серія «Фізика», 2014. Вип. 13. № 914. С. 14-18.
5. Настас А.М., Нову М.С. Исследование влияния глубины рельефа на дифракционную эффективность отражающей и пропускающей рельефно-фазовых дифракционных решеток. Журнал технической физики, 2015. Том 85. Вип. 7. С. 133-134.
6. Дьоміна Н.А., Морозов М.В. Дифракція світла при відбитті від гармонічної ґратки. Праці ТДАТУ. Мелітополь, 2017. Вип. 17. Т.2. С. 127-131.
7. Барышников Н.В., Гладышева Я.В., Денисов Д.Г., Животовский И.В., Патрикеев В.Е., Судариков И.Н. Исследование интерференционных методов контроля формы и качества высокоточных поверхностей крупногабаритных оптических деталей. Вестник МГТУ им. Баумана. Серия: Приборостроение. Москва, 2012. С. 4-16.

УДК 378.016:519.87

Старовойтова Елена Леонидовна,
доцент кафедры высшей математики,
Межгосударственное образовательное
учреждение высшего образования
«Белорусско-Российский университет»

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК КОМПОНЕНТ ПРИКЛАДНОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ ОБУЧЕНИЯ МАТЕМАТИКЕ БАКАЛАВРОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ

В роботі розглянуті деякі методичні аспекти застосування математичного моделювання в контексті реалізації прикладної спрямованості навчання математики бакалаврів технічного ВНЗ.

Ключові слова: бакалаври, математика, математичне моделювання, прикладна спрямованість навчання, технічний ВНЗ.

Starovojtova E.L. Mathematical modeling as a component of applied direction of education in technical degree mathematics

Some methodological aspects of application of mathematical modeling in the context of implementation of applied direction of study in mathematics of bachelor 's degrees of technical university are considered in the work.

Keywords: bachelor's degrees, mathematics, mathematical modeling, applied orientation of training, technical university.

Эффективное и продуктивное решение научных и практических задач в современном мире возможно только высококвалифицированными специалистами, владеющими современными методами исследования, имеющими основательные теоретические знания и осознанные практические навыки. Фундаментальная роль математики как науки, устойчивая тенденция проникновения математических методов в другие науки, широчайшая область ее практических применений в различных видах человеческой деятельности актуализирует проблему повышения качества математических знаний в подготовке будущих специалистов технического профиля. Математика, концентрируя знания, необходимые в повседневной действительности для решения практических задач, для ориентации и коммуникации в обществе и в окружающем пространстве в целом, играет важную роль как в интеллектуальном развитии личности, так и ее профессиональном