

## НОВІ ЗАСОБИ ТА МЕТОДИКИ ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ З ФІЗИКИ ТА ТЕХНІЧНИХ ДИСЦИПЛІН

**Вадим ПАВЛЮК, Володимир САЛЬНІКОВ, Євген МАЛЕЦЬ,  
Людмила ДОНЦОВА**

*У статті відображено можливості застосування електроімітаційного методу при виконанні лабораторних робіт з термодинаміки.*

*Possibilities of application of electro-imitation method are represented at implementation of laboratory works in thermodynamics in the article.*

Викладання фізики спряжено з рядом проблем, одна з яких посередня якість лабораторної бази, а в багатьох випадках навіть її відсутність. У зв'язку з цією обставиною, отримав розвиток напрямок комп'ютерного моделювання фізичних процесів і віртуального виконання лабораторних робіт. Безперечно, даний напрямок має позитивні і негативні сторони. До переваг слід віднести: швидкість отримання інформації, інтерактивний характер динамічних моделей, що активізують пізнавальну діяльність учнів. З іншого боку, відсутність можливості набуття практичних навичок під час виконання реального фізичного досліду суттєво знижує рівень набутих знань.

Підхід, запропонований в роботі [1], теж має відношення до моделювання фізичних процесів. Він базується на подібності (аналогії) між різними фізичними явищами. У цій статті приведена інформація про результати розробок зі створення електроімітаційного лабораторного обладнання (ЕЛО) та методик його використання. В його основі лежить той факт, що при вивченні низки явищ та процесів використовуються тільки показання вимірювальних приладів. Це дозволяє замінити обладнання, що забезпечує проведення реального

експерименту електричним пристроєм (блоком), який виробляє необхідну сукупність показань приладів. Для вирішення цієї задачі достатньо простими при конструюванні і недорогими при виготовленні можуть бути електричні пристрої, які виробляють за допомогою подільників на постійних і змінних резисторах набори дискретних напруг, пропорційних величинам параметрів і характеристик, що вивчаються. Ці напруги подаються на електровимірювальні прилади, проградуєвані в значеннях величин, які вимірюються в реальному експерименті.

Використання ЕЛО є найбільш доцільним у випадках, коли:

- лабораторне або промислове обладнання, що використовується в навчальному процесі, має велику вартість;
- технологічні процеси, або фізичні явища, що вивчаються, шкідливі для здоров'я;
- обладнання має велику вагу або розміри;
- підготовка та проведення реального експерименту потребує багато часу і в інших подібних випадках.

Можливості ЕЛО та методики його використання продемонструємо на прикладі двох лабораторних робіт, що в традиційному варіанті потребують відносно громіздкого обладнання, значного часу і мало інформативні. Це роботи з вивчення термодинамічних процесів та кінетики конвективного сушіння, які входять до програм

технічних та торговельно-економічних ВНЗ. Вибір лабораторних робіт диктується також тим, що на час написання даної статті автори вже одержали на електроімітаційний спосіб побудови лабораторного обладнання патенти України на винаходи [2-4].

Традиційно лабораторна установка для вивчення термодинамічних процесів складається з камери з повітрям, об'єм якої можна змінювати, джерела теплоти та вимірювальних приладів (термометр, манометр, вимірювач зміни об'єму повітря в камері при ізобарному процесі). Недоліками установки є: низька інформативна спроможність, малий діапазон зміни величин параметрів, відсутність інформації про кількість теплоти, що підводиться або відводиться, значний час вимірювань при зміні станів системи.

В електроімітаційній установці ці недоліки відсутні і є додаткові можливості: визначати характеристики ізохорного, ізобарного, ізотермічного та адіабатного процесів, проводити зміни станів у широкому діапазоні параметрів. В установці імітуються характеристики стану певної маси ідеального газу, в циліндрі під рухомих поршнем, до якого може підводитися теплота від нагрівача, або відводиться охолоджувачем. На поршень діє змінне навантаження. Зміна стану робочого тіла проводиться: в ізохорному та ізобарному процесах шляхом підведення теплоти від нагрівача чи її відведення, в адіабатному процесі - шляхом зміни навантаження поршня; в ізотермічному процесі - навантаження

при одночасному відведенні теплоти, або відведенні теплоти з одночасним зменшенням навантаження.

Величини параметрів термодинамічних процесів (тиск, об'єм, температура) виробляються електричним блоком у вигляді пропорційних напруг, які вимірюються електричними приладами. Напруги створюються за допомоги подільників на постійних та змінних резисторах, на які подається напруга з джерела живлення. Одна група подільників формує набір напруг, що визначає величини одного параметру при різних станах термодинамічної системи. Кожен тип параметру при відповідному типі термодинамічного процесі формується окремою групою подільників. Величини параметрів одержані шляхом розрахунку за відповідними формулами. Слід відзначити, що при виборі і розрахунках схем ЕЛО задається кількість точок на осі незалежної змінної достатньої для представлення кривої залежності, що вивчається із заданим рівнем похибки при лінійній апроксимації. Розрахунки показують, що при вивченні термодинамічних процесів (ТДП) середньоквадратичне відхилення від теоретичних даних для десяти точок не перевищує 8%. Ця оцінка є справедливою і при вивченні кривих залежностей кінетики конвективного сушіння. Схема електричного блоку наведена на рис. 1. В блоці використана низка груп подільників напруг (ГПН).

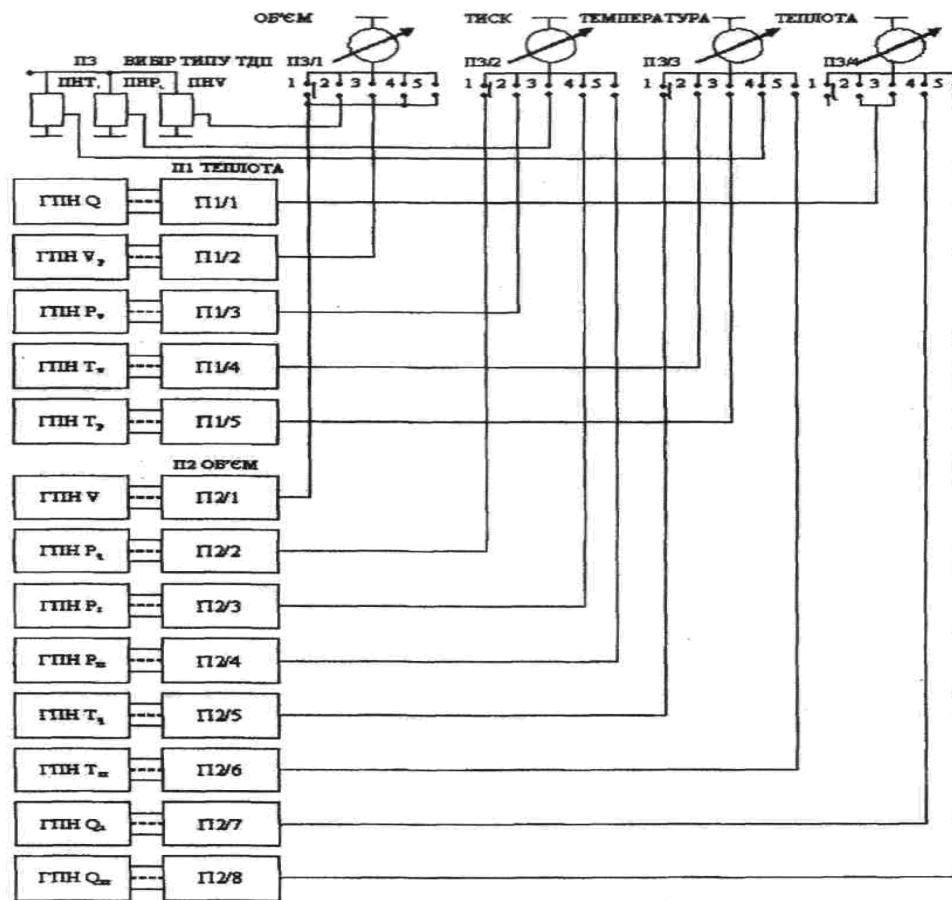


Рис. 1. Схема електричного блоку: ГПН $Q$  - кількість теплоти  $Q$ , що підводиться чи відводиться для зміни стану системи в ізохорному та ізобарному процесах; ГПН $P_v$ , ГПН $T_v$  - тиск  $P_v$ , температуру  $T_v$  в ізохорному процесі; ГПН $V_p$ , ГПН $T_p$  - об'єм  $V_p$ , температуру  $T_p$  в ізобарному процесі; ГПН $V$  - об'єм  $V$  в адіабатному, ізотермічному і політропному процесах; ГПН $P_t$ , ГПН $Q_t$  - тиск  $P_t$ , кількість теплоти  $Q_t$ , що підводиться чи відводиться в ізотермічному процесі; ГПН $P_n$ , ГПН $T_n$ , ГПН $Q_n$  - тиск  $P_n$ , температуру  $T_n$ , кількість теплоти  $Q_n$ , що підводиться чи відводиться в політропному процесі; ГПН $P_a$ , ГПН $T_a$  - тиск  $P_a$ , температуру  $T_a$  в адіабатному процесі. Крім того, є окремі подільники напруг (ПН), які визначають: ПН $V_v$  - об'єм  $V_v$ , в ізохорному процесі; ПН $P_p$  - тиск  $P_p$  в ізобарному процесі; ПН $T_t$  - температуру  $T_t$  в ізотермічному процесі.

Величини параметрів  $V_v$ ,  $P_p$ ,  $T_t$  приймаються як початкові для всіх типів процесів. Кожний подільник електрично зв'язаний з відповідним контактом групи контактів перемикача, що комутуються в одному напрямку (на один вихідний контакт). Групи подільників ГПН $Q$ , ГПН $P_v$ , ГПН $T_p$  електрично пов'язані з платами відповідно П1/1, П1/2, П1/3, П1/4, П1/5 перемикача «Теплота». Групи подільників ГПН $V$ , ГПН $P_a$ , ГПН $P_t$ , ГПН $P_n$ , ГПН $T_p$ , ГПН $T_n$ , ГПН $Q_t$ , ГПН $Q_n$  електрично зв'язані з платами відповідно П2/1, П2/2, П2/3, П2/4,

П2/5, П2/6, П2/7, П2/8 перемикача «Об'єм». Вихідні контакти плат, на які поступають напруги, що визначають величини параметрів одного типу, електрично зв'язані з відповідними контактами однієї плати, які комутуються в одному напрямку, перемикача «Вибір типу ТДП». Перемикач має чотири напрямки комутації, його вихідні контакти електрично зв'язані з чотирма електричними приладами, які вимірюють напруги, що визначають відповідно об'єм, тиск, температуру і теплоту.

Встановлення типу термодинамічного процесу при проведенні лабораторної роботи проводиться за допомоги перемикача «Вибір типу ТДП», який має п'ять позицій з назвою «Повна термоізоляція», «Стопоріння поршню», «Постійне навантаження поршню», «Підтримання постійної температури», «Часткове зняття термоізоляції». У першій позиції перемикача встановлюється адіабатний процес, у другій - ізохорний, у третій - ізобарний, у четвертій - ізотермічний, у п'ятій - політропний.

Зміна стану системи в адіабатному, ізотермічному і політропному процесах проводиться перемикачем "Об'єм". За цих обставин, при зменшенні об'єму в цих процесах тиск збільшується, а при збільшенні об'єму – знижується. Температура робочого тіла в адіабатному і політропному процесах відповідно збільшується і зменшується, а в ізотермічному і політропному процесах – додатково відводиться чи підводиться теплота.

Зміна стану системи в ізохорному і ізобарному процесах при підведенні чи відведенні теплоти проводиться перемикачем «Теплота». Установка дозволяє розширити діапазон зміни параметрів. Так, в адіабатному процесі при зміні відносного об'єму робочого тіла від 1 до 0,1 тиск змінюється від 0,1 МПа до 2,6 МПа, а температура від 20°C до 480 °C. В ізотермічному процесі тиск змінюється від 0,1 МПа до 1,0 МПа.

До складу традиційної лабораторної установки для вивчення кінетики конвективного сушіння входять сушильна камера, електричний калорифер та вентилятор, які пов'язані газоходами, а також терези та термометр. При виконанні роботи через певні проміжки часу вимірюють вагу і температуру матеріалу, що висушується, а також температуру

повітря на виході камери. Для забезпечення вибраного режиму сушіння задаються і контролюються температура і швидкість повітря на вході і виході сушильної камери. Недоліками установки реальної є значний термін процесу сушіння, внаслідок чого неможливо протягом одного заняття змінити зразки матеріалів і умови сушіння, що обмежує інформативність роботи.

В електроімітаційній установці відсутні ці недоліки і є можливість значно підвищити інформативність лабораторної роботи. Характеристики сушіння виробляється електричним пристроєм у вигляді напруг, які пропорційні величинам цих параметрів. Підвищення інформативності досягається тим, що за рахунок зменшення часу вимірювань можна додатково провести перевірки при зміні структур матеріалів і зміні режимів сушіння, які визначаються параметрами сушильного повітря: температурою, вологістю та швидкістю потоку.

Електричний блок формує характеристики сушіння за допомоги окремих груп подільників на постійних резисторах та потенціометрах, на які подається напруга з джерела живлення. Кількість подільників в групі визначається кількістю дискретних термінів (точок вимірювань), якою можна передати особливості характеристик для їх відображення. Величини дискретних термінів встановлюються залежно від загального терміну сушіння матеріалу. Для кожного варіанту сушіння вони різні і формуються окремими групами подільників. Індикація терміну сушіння проводиться електричними приладами. Подільники кожної групи електрично зв'язані з відповідними контактами, що комутуються в одному напрямку перемикача «Термін сушіння». Кількість груп подільників

напруги та кількість напрямків комутації (кількість виходів) цього перемикача визначається кількістю характеристик та варіантів сушіння, що планується використати при проведенні лабораторної роботи. Виходи перемикача, на які подаються напруги одного типу характеристик різних варіантів сушіння, електрично зв'язані з відповідними групами контактів, що комутуються в одному напрямку, перемикача «Варіант сушіння». З виходів цього перемикача напруга подається на електричні прилади, якими визначаються відповідно вага матеріалу, температура матеріалу, температура повітря на виході з камери та термін сушіння.

Проходження процесу сушіння імітується послідовно перемикачем «Термін сушіння», яким встановлюється черговий термін і подаються напруги з відповідних подільників на електричні прилади для індикації терміну і визначення величини характеристик для цього терміну.

Зазвичай, на традиційному обладнанні вивчення процесу конвективного сушіння при одному варіанті вихідних даних потребує біля трьох академічних годин. Протягом цього часу контролюється хід процесу та його результати. Наш досвід свідчить, що з використанням електроімітаційного обладнання вимірювання за п'яти варіантами сушіння студенти виконують приблизно за 30 хвилин. Це дозволяє проводити аудиторне заняття по новому. Воно починається з прогнозування процесу за відомими співвідношенням з визначення швидкості сушіння на етапі його постійної швидкості і загального часу тривалості процесу. Одержані результати розрахунків співставляються з результатами вимірювань.

На наш погляд, використання електроімітаційного способу створення навчального обладнання дозволить ввести у лабораторні практикуми ЗОШ і ВНЗ роботи з вивчення:

- прямого і зворотного циклів Карно та циклів теплових машин, що широко використовується в техніці;
- ізотерм реального газу;
- температурної залежності питомого електроопору нормальних металів у широкому діапазоні температур, низько та високотемпературних надпровідників;
- механічних характеристик (повної кривої розтягу) низьки конструкційних матеріалів та інших.

Крім розширення тематики і підвищення інформативності лабораторних практикумів, запропоноване навчальне обладнання, маючи ознаки тренажерного, дозволяє по новому підходити до створення навчально-методичного забезпечення. Це пов'язано з тим, що при використанні ЕЛО поряд з підвищенням інформативності скорочується час вимірювань, з'являється можливість повторювати процес, що вивчається, або окремі його стадії у прямому та зворотному напрямках, оперативно змінювати умови експерименту, забезпечувати багатоваріантність лабораторних робіт, використовувати результати розрахунків у вимірюваннях і результати вимірювань у розрахунках. У цих особливостях ЕЛО має значні можливості активізації навчального процесу. Учень або студент стає не пасивним споживачем знань, а активним учасником навчального процесу.

На завершення відзначимо ще одну особливість ЕЛО. Це обладнання є принципово однотипним за конструкцією та з відносно дешевими комплектуючими елементами незалежно від лабораторної роботи;

воно піддається уніфікації і може вироблятися на одному підприємстві електротехнічного або радіотехнічного профілю і тому у великій серії має бути недорогим. Створене нами ЕЛО використовується протягом чотирьох років у навчальному процесі Харківського торгово-економічного інституту КНТЕУ при виконанні лабораторних робіт у курсах «Фізика», «Теплотехніка», «Апарати та процеси харчових виробництв».

### БІБЛІОГРАФІЯ

1. Павлюк В.А., Сальников В, П. Нетрадиционные технические средства и методика проведения практикумов по техническим дисциплинам в физике / В зб. Сучасні освітні технології у вищій школі. – К.: КНТЕУ, 2007. С. 93-95.
2. Патент України на винахід №87539 27.07.2009, Установа для проведення лабораторних робіт з вивчення термодинамічних процесів / Павлюк В.А., Сальников В.П. Опубл. 27.07.2009, Бюл.№14,2009 р.
3. Патент України на винахід №86277 10.04.2009, Установа для проведення

лабораторних робіт з вивчення кінетики конвективного сушіння/ Павлюк В.А., Сальников В.П., Белецкий Э.В. Опубл. 10.04.2009, Бюл. №7, 2009р.

4. Патент України на винахід №91706 25.08.2010 Спосіб побудови навчальних установок для проведення лабораторних робіт / Павлюк В.А., Сальников В.П. Опубл. 25.08.2010, Бюл. №16, 2010р.

### ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

**Павлюк Вадим Антонович** – доктор фізико-математичних наук, професор кафедри фізики Київського національного торговельно-економічного університету.

*Наукові інтереси:* радіофізика.

**Сальников Володимир Павлович** – зав. лабораторією Харківського торговельно-економічного інституту (КНТЕУ).

*Наукові інтереси:* Створення технічних засобів навчання.

**Малець Євген Борисович** – кандидат фізико-математичних наук, завідувач кафедри фізики ХНПУ ім. Г.С. Сковороди.

*Наукові інтереси:* фізика твердого тіла.

**Донцова Людмила Іванівна** – вчитель фізики ЗОШ № 51 м. Харкова.

*Наукові інтереси:* методика викладання фізики.

## ФОРМУВАННЯ ПРОФЕСІЙНИХ КОМПЕТЕНЦІЙ У ФАХІВЦІВ МОРСЬКИХ ТЕХНІЧНИХ ПРОФІЛІВ ЗАСОБАМИ КОРЕКЦІЇ ЗНАНЬ З ФІЗИКИ

**Ірина ПАЛАЧАНІНА**

*У статті запропонований метод корекції знань студентів з фізики, направлений на розуміння фізичної суті даних фізичних явищ, їх практичне застосування, сприяюче розвитку професійних компетенцій майбутніх фахівців.*

*The method of correction of students' knowledge in physics directed to understanding of physical essence of considered phenomena, their practical application, which facilitate development of future experts' professional competence is proposed in the article.*

В результаті приєднання нашої країни до Болонського процесу, вища освіта України значною мірою залучається до реалізації його положень на всіх рівнях, що приводить до кардинальних змін в структурі змісту,

формах, методах і способах підготовки майбутніх фахівців [1; 4]. В теперішній час мають місце реальні суперечності між традиційним підходом до здійснення контролю знань і необхідністю перебудови організації навчального процесу. Одним з важливих аспектів навчального процесу є розробка інноваційних технологій в галузі контролю, оцінки та корекції знань студентів з метою формування професійних компетенцій майбутніх фахівців.

Відповідно до вищесказаного, на перший план висуваються завдання чіткого визначення, структуризації наочних областей дисциплін, що