

ОРГАНІЗАЦІЙНІ ФОРМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДІЄВОСТІ НАВЧАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ З ДИСЦИПЛІН ФІЗИКО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОФІЛЮ

УДК 37.016:536

А. М. Андрєєв, С. П. Ткаченко

Запорізький національний університет

e-mail: Andreev_andriy@mail.ru

МЕТОДИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ПАРОРЕАКТИВНОГО РУШІЯ У ДЕМОНСТРАЦІЙНОМУ ЕКСПЕРИМЕНТІ З ФІЗИКИ

У статті розглядаються методичні особливості використання у навчальному процесі з фізики пристрою для демонстрації перетворення теплової енергії у механічну. Наведено конструкцію парореактивного рушія, що має важливе значення для демонстраційного експерименту з фізики. На його основі створено навчальні пристрої для демонстрації перетворення теплової енергії в механічну (зокрема, модель парореактивного судна, парореактивне сегнерове колесо), які сприяють активізації пізнавальної діяльності учнів при вивченні фізики. Останнє реалізується через постановку цікавих фізичних демонстрацій та розв'язування учнями теоретичних і експериментальних задач, пов'язаних із дослідженням указаних навчальних моделей. Описано деякі з таких фізичних демонстрацій та наведено приклади теоретичних і експериментальних задач.

Ключові слова: демонстраційний експеримент з фізики, пристрій для демонстрації перетворення теплової енергії в механічну, парореактивний рушій, пізнавальна діяльність, теоретичні та експериментальні задачі.

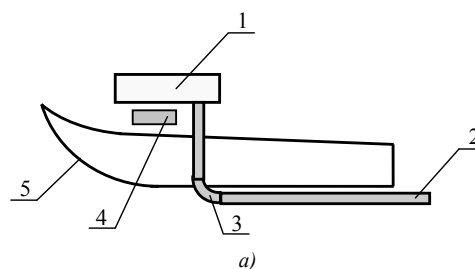
Постановка проблеми. Вивчення процесів перетворення теплової енергії в механічну є важливим питанням шкільного курсу фізики. Особливе значення цього навчального матеріалу пояснюється його зв'язком із технічним застосуванням. Неабияке значення він також має в контексті розвитку освіти у сфері енергозбереження. Проте змістовий блок, про який йдеться, має досить слабе експериментальне підкріплення. Так, у переліку шкільного фізичного обладнання майже відсутні пристрої, що наочно демонструють процеси перетворення теплової енергії в механічну. Тому розробка таких пристроїв (навчальних моделей), а також вивчення методичних особливостей їх використання у навчальному процесі з фізики (зокрема, на уроках, на заняттях гуртків) є актуальною задачею.

Аналіз останніх досліджень. В [1] нами було запропоновано пристрій для демонстрації перетворення теплової енергії в механічну. Навчальна модель цього пристрою була розроблена на основі відомого парореактивного рушія [2]. Конструкцію моделі можна зрозуміти за *рис. 1*. Її принцип дії детально розглянуто у патенті [1] (на *рис. 2* подано наближений вигляд термодинамічного циклу парореактивного рушія).

Як ми вже зазначили, схема наведеного парореактивного рушія є відомою. Подібні конструкції моделей парореактивних суден можна знайти у науково-популярній літературі. Проте вони розглядаються там лише як *іграшки*. Наш досвід показав, що таку модель можна використовувати і у навчальних цілях, у першу чергу, при вивченні фізики. Однак для цього потрібно розробити відповідне методичне забезпечення:

- описи цікавих демонстрацій, поставлених на основі розглядуваної моделі;
- цикли експериментальних і теоретичних фізичних задач, що пов'язані з дослідженням моделі.

Зазначимо, що досить корисними при розробці демонстрацій та фізичних задач до навчальних моделей на основі парореактивного рушія виявилися публікації [3], [4] та [5]. Так, у перших двох розглянуто цікаву демонстрацію «Реакція втікаючого і витікаючого струменів» (опис цієї демонстрації подано нижче), а у [5] подано деякі методичні питання щодо експериментального дослідження діючих моделей суден на гурткових заняттях (ці рекомендації ми використали при розробці деяких експериментальних задач, поданих нижче).



б)

Рис. 1. Пристрій для демонстрації перетворення теплової енергії в механічну:

а) схема навчальної моделі: 1 – робочий циліндр; 2 – водометні сопла; 3 – трубопровід; 4 – нагрівач; 5 – плавучий корпус пристрою;
б) навчальна модель пристрою

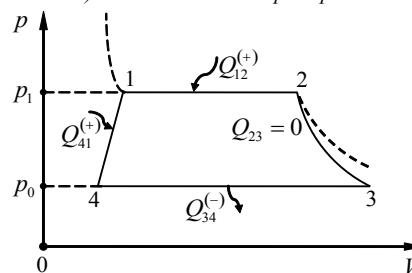


Рис. 2. Ідеалізований цикл розглядуваного пристрою

Мета статті. У даній статті ми маємо на меті розглянути цікаві фізичні демонстрації (із власними вдосконаленнями)

та навести приклади теоретичних і експериментальних задач, постановка яких пов'язана із парореактивним рушієм.

Виклад основного матеріалу статті. Цікаві демонстрації, в яких використовується парореактивний рушій. За допомогою розглянутого пристрою можна реалізувати низку цікавих демонстрацій з фізики. У даній статті зупинимося на двох з них: демонстрації реакції втікаючого й витікаючого струменя та демонстрації парореактивного сегнерова колеса.

Реакція втікаючого і витікаючого струменів. З цією демонстрацією доцільно пов'язати розгляд з учнями наступної проблемної ситуації.

Проблемна ситуація. На певній фазі робочого циклу розглядуваного пристрою пар, розширюючись, виштовхує воду із сопел. При цьому струмінь води набуває імпульс від судна, а судно – такий же за модулем імпульс, але напрямлений у протилежний бік. Сила, що діє при цьому на судно з боку струменя, і називається реакцією витікаючого струменя.

На перший погляд, незрозумілою є поведінка судна під час іншої фази роботи двигуна. Здавалося б тепер судно має рухатись назустріч рухові струменя води. І тому дивно, що у ході безпосередніх випробувань судно все ж таки переміщується вперед, а не залишається на місці, роблячи лише ривки вперед і назад. Як пояснити такий рух судна?

Одразу ж зазначимо, що поставлене у проблемній ситуації творче питання не є простим. Так, російським ученим-методистом В.В. Майером згадувалося у [4] про відповідний педагогічний експеримент, у ході якого учням, вчителям фізики та викладачам ВНЗ було запропоновано розв'язати задачу, зміст якої можна передати наступним чином.

Задача 1. На плоту знаходиться посудина з поршнем, заповнена водою. Поблизу її дна на бічній поверхні є отвір, в який вставлено трубку (рис. 3). Якщо поршень опускати, то з трубки виходитиме струмінь води, і посудина, рухатиметься у напрямку, протилежному до напрямку руху води. А що буде, якщо поршень піднімати?

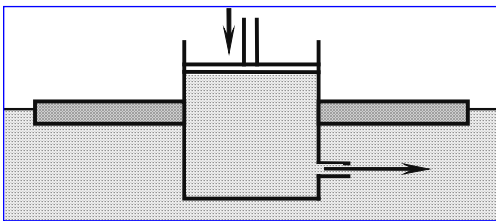


Рис. 3. Пристрій для демонстрації реакції струменя

Як зазначає В.В. Майер, у більшості випадків учасники педагогічного експерименту говорили, що посудина почне рухатися назустріч струменю, що входить у посудину!

Слід зазначити, що розв'язок подібної задачі вперше отримав видатний російський вчений М.С. Жуковський. Він довів, що реакція струменя, що втікає у посудину в точності дорівнює нулеві. Це доведення для учнів є досить складним, проте існує багато ефектних дослідів, що дозволяють впевнитися у такому результаті. Один з прикладів реалізації цих дослідів описано В.В. Майером і Є.І. Вараксіною у [2] (інші приклади подані також у [3] та [4]).

Наш досвід показує, що не менш ефектним для демонстрації реакції витікаючого і відсутності реакції втікаючого струменів може виступати описаний у даній статті пристрій (виконаний у вигляді моделі парореактивного судна). Демонстрацію його руху на уроці можна здійснювати як за допомогою відеофрагментів, так і шляхом натурного експерименту.

Парореактивне сегнерове колесо. Серед переліку стандартного обладнання демонстраційного експерименту з фізики є модель гідравлічної реактивної турбіни, що називається сегнеровим колесом (на честь угорського фізика і математика Яноша Андроша Сегнера, який винайшов цю турбіну). Модель складається з конусоподібної посудини, яка може обертатися навколо вертикальної осі. До нижньої частини посудини прикріплені дві горизонтально розташовані трубки, кінці яких відігнуті у протилежні боки. За допомогою даної моделі можна продемонструвати силу реакції струменя води, що витікає із сопла.

У [2] наведено конструкцію саморобного парореактивного сегнерова колеса. Воно складається із парореактивного рушія, встановленого на плавучій круглій платформі. Сопла рушія спрямовані у протилежні боки. Для демонстрації роботи моделі спочатку заповнюють робочий циліндр водою, поміщають платформу з рушієм на поверхню води, під робочим циліндром встановлюють і запалюють свічку. Через невеликий проміжок часу модель починає швидко обертатися навколо вертикальної осі.

Одним з недоліків такої моделі є те, що вона, обертаючись, може ще й переміщуватися по поверхні води, стикаючись при цьому зі стінками посудини (що викликає гальмування моделі). Таку поведінку саморобної моделі можна пояснити, у першу чергу, тим, що на практиці досить складно досягти рівності моментів сил реакції струменів двох її сопел.

З метою усунення даного недоліку в конструкції парореактивного сегнерова колеса нами запропоновано використовувати *рідинну самоцентрувальну опору* [6]. Її суттєвою ознакою є те, що плавуча циліндрична платформа має змочуватися водою, а стінки посудини – не змочуватися (або навпаки). При цьому діаметр платформи має бути меншим за внутрішній діаметр посудини на величину, що складає кілька радіусів кривизни меніску. Здатність до самоцентрування плавучої платформи обумовлена формами менісків, які пов'язані зі змочуванням рідиною плавучої платформи і незмочуванням нею стінок посудини. На рис. 4 наведено парореактивне сегнерове колесо удосконаленої конструкції.



Рис. 4. Парореактивне сегнерове колесо

Цикл фізичних задач, що пов'язані з дослідженням моделі. Досвід показує, що наведені вище фізичні демонстрації можна з успіхом використовувати у навчальному процесі з фізики навіть в тих навчальних закладах, де фізика вивчається на рівні стандарту. При цьому учням, що вивчають фізику поглиблено (академічний і профільний рівні), можна запропонувати ще й низку експериментальних і теоретичних задач, пов'язаних із дослідженням моделі парореактивного судна. Наведемо приклади таких задач.

Експериментальний блок. Задача 2. Виміряти швидкість моделі судна із парореактивним двигуном.

Обладнання. Досліджувана модель судна; ємність з водою, що має досить велику відкриту поверхню (наприклад, заповнена водою ванна); рулетка; секундомір.

Розв'язання. Для визначення швидкості моделі потрібно забезпечити можливість її прямолінійного усталеного руху на певній дистанції на поверхні води. Для підвищення точності вимірювання слід провести серію (наприклад, $n = 10$) дослідів, в кожному з яких вимірюється час τ_i ($i = 1, \dots, n$), за який судно долає певну фіксовану відстань l . Визначивши середній час $\bar{\tau}$ руху моделі, можна знайти її швидкість за простою формулою: $v = l/\bar{\tau}$.

Приклад конкретного вимірювання:

- відстань, яку долає модель $l = (1,00 \pm 0,01)$ м, $\varepsilon_l = 0,01$;
- середній час руху моделі $\bar{\tau} = (2,0 \pm 0,1)$ с, $\varepsilon_{\bar{\tau}} = 0,05$;
- швидкість судна $v = (0,50 \pm 0,03)$ м/с, $\varepsilon_v = 0,06$.

Задача 3. Виміряти корисну потужність, що розвиває двигун моделі при її русі з усталеною швидкістю.

Обладнання. Досліджувана модель судна; ємність з водою, що має досить велику відкриту поверхню (наприклад,

заповнена водою ванна); рулетка; секундомір; штатив із закріпленням на ньому нерухомих блоком; нитка; аркуш паперу; пісок; терези з важками; скотч; ножиці.

Розв'язання. Корисну потужність, яку розвиває двигун судна, можна знайти за формулою $N = F \cdot v$, де F – сила тяги двигуна, при якій швидкість судна дорівнює v .

Вимірювання сили тяги F можна провести у такій спосіб. До носової частини судна з *непрацюючим* двигуном слід прив'язати нитку і перекинути її через нерухомих блок, що закріплений на штативі. На іншому кінці нитки треба закріпити паперову ємність. Підсипаючи пісок у ємність, можна збільшувати силу натягу нитки. При цьому вдається отримати різні значення швидкості судна при його усталеному русі.

Зробивши кілька випробувань (кожного разу досипаючи пісок у ємність) можна добитися, щоб судно рухалося (завдяки натягу нитки) з тією самою усталеною швидкістю v , яку воно мало при працюючому двигуні. Сила натягу у цьому випадку і буде дорівнювати шуканій силі тяги F двигуна. При цьому значення сили натягу нитки можна знайти за величиною сили тяжіння (ваги) ємності з піском (для оцінних розрахунків тертя нитки у блоці можна знехтувати). Швидкість судна v вимірюємо так само як у попередній задачі.

Приклад конкретного вимірювання:

- швидкість судна: $v = (0,50 \pm 0,03) \text{ м/с}$, $\varepsilon_v = 0,06$;
- сила тяги двигуна (вага ємності з піском):
 $F = (1,00 \pm 0,05) \text{ Н}$, $\varepsilon_F = 0,05$;
- корисна потужність двигуна:
 $N = F \cdot v$, $N = (0,50 \pm 0,05) \text{ Вт}$, $\varepsilon_N = 0,1$.

Задача 4. Виміряти максимальну силу тяги парореактивного двигуна моделі судна.

Обладнання. Модель судна з досліджуваним двигуном; ємність з водою, що має досить велику відкриту поверхню (наприклад, таз з водою); штатив із закріпленням на ньому нерухомих блоком; нитка; аркуш паперу; пісок; терези з важками; скотч; ножиці.

Розв'язання. Нескладно показати (див. задачу 6), що сила тяги парореактивного двигуна є максимальною, якщо судно не рухається відносно води (наприклад, у момент його старту). Це і визначає ідею наступного способу її вимірювання.

До корми судна, яке знаходиться в ємності з водою слід прив'язати нитку і перекинути її через нерухомих блок, який закріплений на штативі. До іншого кінця нитки треба підвісити паперову ємність. Далі при працюючому двигуні судна потрібно збільшувати силу натягу нитки шляхом підсипання до ємності піску. При деякій вазі ємності з піском судно залишається нерухомих при працюючому двигуні. Це означає, що сила тяги двигуна врівноважена силою натягу нитки, величина якої дорівнюватиме вазі ємності з піском (за умови нехтування тертя нитки у блоці). Маса ємності з піском вимірюємо на терезах.

Приклад конкретного вимірювання: максимальне значення сили тяги двигуна (вага ємності з піском):

$$F_{\max} = (2,10 \pm 0,05) \text{ Н}, \quad \varepsilon_F = 0,03.$$

Задача 5. Експериментально виміряти температуру води, що виходить із сопел працюючої моделі парореактивного судна.

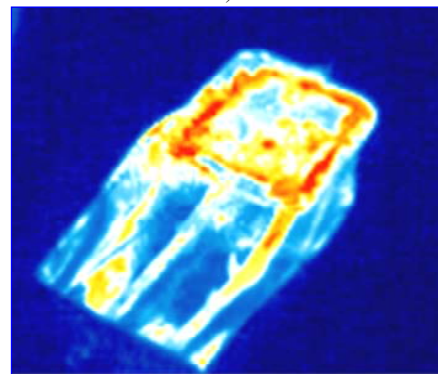
Обладнання. Модель парореактивного судна; посудина з водою, що має досить велику відкриту поверхню (наприклад, посудина з водою); тепловізор.

Розв'язання. Працююча модель судна була обстежена за допомогою тепловізора (рис. 5). Така зйомка показала, що температура води, яка виходить із сопел моделі, що мають достатню довжину, несуттєво відрізняється від температури води у посудині. Це пояснюється тим, що нагрівання води в робочому циліндрі та її перетворення на пару відбувається вище рівня води у посудині. Тому теплопередача через конвекцію не відбувається. Отже, втрати теплоти через вихід води із сопел у посудину порівняно незначні.

Теоретичний блок. У цій статті наведемо лише умови деяких задач. Їх розв'язання через обмеженість обсягу статті опускаємо.



а)



б)

Рис. 5. Фото діючої моделі пристрою, отримані фотокамерою (а) та тепловізором (б)

Задача 6. Модель реактивного (водометного) судна масою M приводиться у рух завдяки пристрою, який забирає воду з водоймища та виштовхує її назад із сопел судна. Швидкість струменя води відносно судна стала і дорівнює u . Загальна площа сопел S . Знайти:

а) силу тяги F судна як функцію швидкості судна v та швидкості струменя u води відносно судна. Відповідь: $F = \rho S u^2 (1 - v/u)$, де ρ – густина води;

б) корисну потужність N , що розвиває рушій судна, як функцію величин v та u . Відповідь: $N = \rho S u^2 (1 - v/u) v$;

в) ККД η рушія судна як функцію величин v та u . Дослідити вираз ККД на максимум. Сили тертя в рушії не враховувати. Відповідь: $\eta = 2(v/u)(1 - v/u)$; $\eta_{\max} = 1/2$, якщо $v = u/2$;

г) швидкість v судна як функцію часу. Опір води рухові судна не враховувати. Відповідь: $v = u \{1 - \exp[-(\rho S u \cdot t)/M]\}$.

Задача 7. Модель водоетного судна приводиться у рух за допомогою парореактивного двигуна (його конструкцію описано нами вище). Термодинамічний цикл двигуна наведено на рис. 2. Атмосферний тиск $p_0 = 10^5$ Па. Температура навколишнього середовища $T = 20^\circ\text{C}$. Оцінити:

а) тиск p_1 пари при її розширенні на ділянці 1-2 циклу (див. рис. 2). Відомо, що під час розширення пари на цій ділянці вода виходить із сопел зі швидкістю $u = 2$ м/с відносно судна, а швидкість самого судна відносно поверхні води $v = 1$ м/с. Відповідь: $p_1 = p_0 + \rho u(u - v) \approx 102$ кПа, де ρ – густина води;

б) максимальну температуру T_1 пари у циклі. Для оцінних розрахунків питомої теплоти пароутворення для води можна вважати сталою, а її значення можна взяти таким, що відповідає нормальному атмосферному тиску і температурі кипіння ($T_0 = 373$ К) $L = 2,3$ МДж/кг. Відповідь: $T_1 = T_0 + (p_1 - p_0)RT_0^2 / (Lp_0M) \approx 373,4$ К, де M – молярна маса води;

в) ККД η циклу розглядуваного двигуна. Відповідь: $\eta \approx 1 - T/T_1 = 0,25$.

Висновки. Описана у статті конструкція парореактивно-го рушія має важливе значення для демонстраційного експерименту з фізики. Створені на основі рушія навчальні пристрої для демонстрації перетворення теплової енергії в механічну (наприклад, модель парореактивного судна, парореактивне сегнерове колесо) сприяють активізації пізнавальної діяльності учнів при вивченні фізики. Останнє реалізується через постановку цікавих фізичних демонстрацій та розв'язування учнями теоретичних і експериментальних задач, пов'язаних із дослідженням указаних навчальних моделей.

Подальші дослідження ми пов'язуємо з розробкою навчально-методичного забезпечення уроків фізики, присвячених питанням енергозберігаючих технологій.

Список використаних джерел:

1. Пат. 78031 Україна, МПК G09B 23/16 (2006.01), G09B 5/00, G09B 9/00. Пристрій для демонстрації перетворення теплової енергії в механічну / А.М. Андреев, А.Д. Тричев, Д.О. Котов ; заявник та патентовласник Запорізький національний університет. – № u2012 08597; заявл.11.07.2012; опубл. 11.03.2013, Бюл. № 5.
2. Майер В.В. Гейзер и парореактивный движитель / В.В. Майер, Е.И. Вараксина // Потенциал. – 2012. – №5. – С.63-72.
3. Майер В.В. Реакция вытекающей и втекающей струй / В.В. Майер // Квант. – 1978. – №9. – С.20-21.
4. Тарасов Л.В. Струя воды и ... движущийся кораблик / Л.В. Тарасов, М.Л. Тарасов // Квант. – 1985. – № 7. – С.28-29.
5. Бойко М.П. Фізико-технічна творчість учнів : навч. посіб. / Бойко М.П., Венгер С.Ф., Мельничук О.В. – К. : Вища шк., 2007. – 262 с.
6. Пат. 82979 Україна, МПК (2013.01) G12B 9/00. Рідинна самоцентруюча опора / А.М. Андреев, Т.Р. Фараджев ; заявник та патентовласник Запорізький національний університет. – № u2013 01592; заявл.11.02.2013; опубл. 27.08.2013, Бюл. № 16.

А. Н. Андреев, С. П. Ткаченко

Запорожский национальный университет

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПАРОРЕАКТИВНОГО ДВИЖИТЕЛЯ В ДЕМОНСТРАЦИОННОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ ПО ФИЗИКЕ

В статье рассматриваются методические особенности применения в учебном процессе по физике устройства для

демонстрации преобразования тепловой энергии в механическую. Приведена конструкция парореактивного двигателя, имеющего важное значение для демонстрационного эксперимента по физике. На его основе созданы учебные устройства, показывающие преобразования тепловой энергии в механическую (в частности, модель парореактивного судна, парореактивное сегнерово колесо), которые благоприятствуют активизации познавательной деятельности учащихся при изучении физики. Последнее реализуется через постановку занимательных физических демонстраций и решение учащимися теоретических и экспериментальных задач.

Ключевые слова: демонстрационный эксперимент по физике, устройство для демонстрации преобразования тепловой энергии в механическую, парореактивный движитель, познавательная деятельность, теоретические и экспериментальные задачи.

A. M. Andreev, S. P. Tkachenko

Zaporizhzhya National University

METHODICAL FEATURES OF APPLICATION OF REACTIVE MOVER IN DEMONSTRATION EXPERIMENT ON PHYSICS

In the article the methodical features of application are examined in an educational process on physics of device for demonstration of transformation of thermal energy in mechanical. A construction over of reactive mover having an important value for a demonstration experiment on physics is brought. On this base educational devices are created, showing transformations of thermal energy to mechanical (in particular, model of reactive ship, reactive segnerovo wheel), that play in favour of activation of cognitive activity students at the study of physics. The last will be realized through raising of entertaining physical demonstrations and decision by students theoretical and experimental tasks.

Key words: demonstration experiment of physics, device for demonstration of transformation thermal energy in mechanical, reactive mover, cognitive activity, theoretical and experimental tasks.

Отримано 23.08.2016

УДК [61:53(07)+577.3(07)]:37.026

І. В. Белоус, Н. В. Стучинська, М. М. Ткаченко

Національний медичний університет імені О. О. Богомольця,

e-mail: dr.igor.belous@gmail.com, stuchynska@gmail.com

ФОРМУВАННЯ ФАХОВОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ МАЙБУТЬОГО ЛІКАРЯ В ПРОЦЕСІ ВИВЧЕННЯ ФІЗИКО-ТЕХНІЧНИХ ОСНОВ ПРОМЕНЕВОЇ ДІАГНОСТИКИ

Статтю присвячено дослідженню ролі фізико-технічних знань у формуванні фахової компетентності майбутнього лікаря. Фізико-технічна складова професійної компетентності майбутнього лікаря визначальною мірою формується у процесі навчання основ променевої діагностики, яка традиційно використовує не лише на методи, що пов'язані з іонізуючим випромінюванням, а й такі, що базуються на особливостях поширення високочастотних механічних коливань у пружному середовищі (ультразвукові дослідження – УЗД), формуванні сигналу в радіочастотному діапазоні при явищі магнітного резонансу (МРТ-дослідження), розповсюдженні «мічених» метаболітів при радіонуклідних дослідженнях, а також на поєднанні цих методів у різних варіаціях. Проведено аналіз провідних інноваційних технологій у сучасній радіології, яка традиційно йде в авангарді змін медичної діагностики та терапії. Особливо увага приділена проблемі візуалізації у сучасних діагностичних методах. Досліджені передумови створення гнучкої методичної системи навчання радіології на основі інтеграції знань з природничих та клінічних дисциплін.

Ключові слова: методика навчання, фізико-технічні основи променевої діагностики; біологічна фізика; медична інформатика; променева діагностика; фахова компетентність лікаря; предметні компетентності з фізики; навчальний процес у медичному університеті.

Постановка проблеми. Медицина традиційно використовує чималий арсенал методик, що базуються на різних фізичних явищах, законах і принципах, поповнюючись з року в рік все новими засобами діагностики та терапії соціально значущих захворювань, істотно модернізуючи та вдосконалюючи діагностично-лікувальний процес, зменшуючи терміни лікування, поліпшуючи прогноз у складних та небезпечних випадках. Таке активне поповнення та оновлення діагностичних та лікувальних терапій створює щоденний виклик компетентності багатомільйонній армії лікарів, які мають бути відповідним чином адаптовані до трансформацій сучасної медицини і професійного використання новітніх методик та приладів у професійній діяльності.

Сучасну медицину неможливо уявити без променевої діагностики, яка традиційно використовує не лише на методи, що пов'язані з іонізуючим випромінюванням, а й такі, що базуються на особливостях поширення високочастотних механічних коливань у пружному середовищі (ультразвукові дослідження – УЗД), формуванні сигналу в радіочастотному діапазоні при явищі магнітного резонансу (МРТ-дослідження), розповсюдженні «мічених» метаболітів при радіонуклідних дослідженнях, а також на поєднанні цих методів у різних варіаціях.

Для розуміння діагностичної цінності кожного з методів променевої діагностики сучасному лікарю потрібно мати належні знання з фахових клінічних дисциплін, а та-