

## **ФАХОВЕ СПРЯМУВАННЯ НАВЧАННЯ ФІЗИКИ МАЙБУТНІХ ІНЖЕНЕРІВ: ПРАКТИЧНИЙ АСПЕКТ**

### **Вступ**

Під час освітнього процесу з дисципліни «фізика» викладач фізики прагне забезпечити програмні результати навчання майбутніх інженерів [5]. Нормативний зміст підготовки майбутніх інженерів, наприклад, галузі знань «13 - Механічна інженерія», сформульований, наприклад, у наступних термінах результатів навчання, а саме: знання і розуміння засад технологічних, фундаментальних та інженерних наук, що лежать в основі відповідної галузі, аналіз інженерних об'єктів, процесів; вміння обирати і застосовувати придатні типові методи досліджень (аналітичні, розрахункові, моделювання, експериментальні); правильно інтерпретувати результати таких досліджень та робити висновки тощо. Нормативний зміст підготовки майбутніх інженерів реалізується шляхом отримання ними інтегральної компетентності та загальних компетентностей.

Необхідно також зазначити, що в результаті вивчення навчальної дисципліни «фізика» майбутній інженер, наприклад, галузі знань «13 - Механічна інженерія» отримує інтегральну компетентність щодо здатності розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми, які пов'язані з розробкою, застосуванням, виробництвом та випробуванням металевих, неметалевих та композиційних матеріалів та виробів (132 - Матеріалознавство); із застосуванням теорій та методів фізики в прикладній механіці (131 - Обладнання та технології ливарного виробництва, 131 - Відновлення та підвищення зносостійкості конструкцій, 131 - Технології та устаткування зварювання, 133 - Галузева машинобудування); з професійною діяльністю металургії і або у процесі навчання (136 - Металургія), що передбачає застосування теоретичних положень та методів інженерії і характеризується комплексністю та невизначеністю умов.

Відповідно до інтегральної компетентності майбутній інженер повинен отримати також і загальні компетентності, наприклад, щодо здатності до абстрактного мислення, аналізу та синтезу; здатності застосовувати знання у практичних ситуаціях; здатності вчитися і оволодівати сучасними знаннями; здатності оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт тощо.

Спеціальні (фахові, предметні) компетентності передбачають те, що викладач фізики сприяє формуванню здатності застосовувати системний підхід до вирішення проблем інженерії, здатності вирішувати типові інженерні завдання відповідно до спеціалізації, здатності критичного осмислення наукових фактів, концепцій, теорій, принципів і методів, необхідних для професійної діяльності, здатності застосовувати і інтегрувати знання на основі розуміння інших інженерних спеціальностей тощо.

В умовах сьогодення значно посилюється увага щодо створення НМК з фізики, який би був адаптований для підготовки майбутніх інженерів, що і визначає актуальність дослідження в цьому напрямку.

### **Мета дослідження**

Розглянемо деякі можливості дисципліни «фізика» для фахової підготовки майбутніх інженерів для галузі знань 13 «Механічна інженерія» для першого (бакалаврського) рівня вищої освіти на прикладі урахування закону збереження механічної енергії, рівняння балансу механічної енергії для дослідження процесу роботи копра маятникового типу. Розглянемо деякі логічні помилки під час розв'язання задач з фізики, які пов'язані, насамперед, з помилками суджень, умовиводів, порушення у визначенні понять тощо.

### **Методи дослідження**

Згідно поставленої мети використано загальнонаукові методи: теоретичного пошуку щодо аналізу літератури за темою статті, аналізу нормативно-правової документації в сфері освіти, системно-структурні щодо порівняння, узагальнення теоретико-прикладних аспектів відповідно даної теми; емпіричні методи: аналіз освітньої діяльності майбутніх інженерів.

### **Виклад основного матеріалу дослідження**

В умовах фахової підготовки майбутніх інженерів [3, 5], з метою свідомого опанування, осмислення фундаментальними та фаховими знаннями, уміннями, навичками, забезпечення програмних результатів навчання майбутніх інженерів є досить доречним включення в систему навчально-методичного комплексу з фізичної освіти реальних фахових об'єктів, а також аналіз логічних помилок під час розв'язання задач фахового спрямування. Аналіз логічних помилок, хибних уявлень допомагає викладачеві також і готувати тести з метою вдосконалення, оцінювання навчальних досягнень майбутніх інженерів з якісними дистракторами. Дистрактори – неправильні відповіді теста серед правильних. Виділимо деякі вимоги до дистракторів, а саме: правдоподібність, однорідність, дискримінативність. Мета дистрактора - відволікти увагу того, хто тестується від вибору правильної відповіді в тесті. Розробнику тестового завдання необхідно пропонувати такі дистрактори, які б імітували «дефект» логіки мислення того, кого тестують. А для цього необхідно мати банк логічних помилок, хибних уявлень, які б сприяли якісному підбору дистракторів [1, 6].

В якості прикладу розглянемо наступну задачу з дисципліни «фізика» фахового спрямування для майбутніх інженерів щодо аналізу логічних помилок, хибних уявлень тощо.

*Умова задачі.* В лабораторії дослідження зразків проводять за допомогою копра маятнікового типу декілька разів при різних кутах початкового відхилення маятника. На рисунку 1 подано схему ударного випробування зразків за допомогою копра маятнікового типу [2, 4].

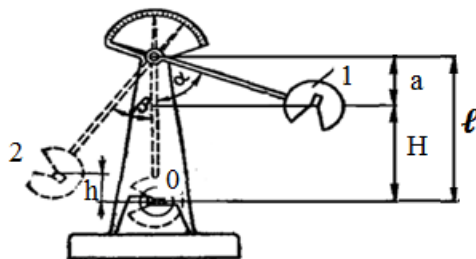


Рис. 1. Схема ударного випробування зразків за допомогою копра маятнікового типу

Згідно рисунка 1 вводять наступні позначення, а саме:  $\alpha$  - кут відхилення ножа копра маятнікового типу перед початком удару по зразку,  $\beta$  - кут відхилення ножа копра маятнікового типу після випробування зразка,  $H$  - максимальна висота відхилення ножа копра маятнікового типу перед початком удару по зразку,  $h$  - максимальна висота відхилення ножа копра маятнікового типу після випробування зразка,  $E_{n1}$  - потенціальна енергія ножа копра маятнікового типу в положенні 1,  $E_{n0}$  - потенціальна енергія ножа копра маятнікового типу в положенні 0,  $E_{n2}$  - потенціальна енергія ножа копра маятнікового типу в положенні 2,  $A$  - робота, що витрачена на деформацію та руйнування зразка під час його динамічного випробування,  $\vartheta_0$  - швидкість ножа копра маятнікового типу в нижньому положенні перед ударом по зразку,  $U$  - швидкість ножа копра маятнікового типу після удару по зразку,  $A/E_{\text{повна}}$  - частина енергії, що витрачена на деформацію та руйнування зразка під час його динамічного випробування.

Результати досліджень прийнято записувати до спеціальних таблиць (див. табл. 1).

**Таблиця 1** – Результати динамічного випробування зразків на вигін

$\alpha, ^\circ$	$H, \text{ м}$	$\vartheta_0, \text{ м/с}$	$U, \text{ м/с}$	$h, \text{ м}$	$\beta, ^\circ$	$A/E_{\text{повна}}$

*Завдання до задачі.* Заповнити цю таблицю для випадку, коли на руйнування витрачається 80 % від початкової енергії копра маятнікового типу, а кут відхилення ножа копра маятнікового типу перед початком удару по зразку складає  $80^\circ$ , а  $l = 3 \text{ м}$ .

*Розв'язання.* Студенти прочитали умову задачі, в якій сказано, що 80 % початкової енергії витрачено на руйнування зразка під час його динамічного випробування. Всі студенти зрозуміли, що залишилось 20 %, початкової енергії. Але в результаті розв'язання задачі вони одержали різні відповіді, які подані в таблиці 2. Хто із студентів має рацію?

**Таблиця 2** – Результати розв'язання задачі щодо динамічного випробування зразків за допомогою копра маятнікового типу студентами

Група студентів	Дано	Обчислені результати дослідження щодо динамічного випробування зразків за допомогою копра маятнікового типу студентами					
	$\alpha, ^\circ$	$H, \text{ м}$	$\vartheta_0, \text{ м/с}$	$U, \text{ м/с}$	$h, \text{ м}$	$\beta, ^\circ$	$A/E_{\text{повна}}$
перша	$80^\circ$	2,48	6,97	1,39	0,1	$14,8^\circ$ або $16^\circ$	80 %, 95 %, 95,7 %, 96 %
друга	$80^\circ$	2,48	6,97	3,11	0,5	$33,4^\circ$	80 %

Проаналізуємо результати розв'язання задачі [2, 4, 7] щодо динамічного випробування зразків на вигін за допомогою копра маятнікового типу студентами першої та другої груп; скористаємось рисунком 1.

*Питання 1.* Чому дорівнює висота підйому ножа маятника на початку дослідження зразка на вигін?

*Відповідь.* Студенти першої та другої груп надали однакову відповідь, а саме:

$$H = l(1 - \cos\alpha) = 3(1 - \cos 80^\circ) = 2,48 \text{ (м)}.$$

*Питання 2.* Чому дорівнює швидкість  $\vartheta_0$  ножа копра маятнікового типу в нижньому положенні перед ударом його по зразку?

*Відповідь.* Студенти першої та другої груп для відповіді на питання щодо швидкості  $\vartheta_0$  ножа копра маятникового типу в нижньому положенні перед ударом його по зразку скористались законом збереження енергії та отримали наступну відповідь:

$$E_{к1} + E_{п1} = E_{к0} + E_{п0} \Rightarrow 0 + m g H = \frac{m\vartheta_0^2}{2} + 0$$

$$\vartheta_0 = \sqrt{2 g H} = \sqrt{2 g l (1 - \cos \alpha)} = \sqrt{2 \cdot 9,8 \cdot 3 \cdot (1 - \cos 80^\circ)}$$

$$\vartheta_0 = 6,97 \text{ м/с.}$$

*Питання 3. Яке співвідношення між потенціальними енергіями ножа маятникового копра до та після випробування зразка?*

*Відповідь.* В результаті з'ясування співвідношення між потенціальними енергіями ножа маятникового копра до та після випробування зразка встановлено наступне.

Студенти першої групи вважали, якщо під час динамічного випробування зразка на його деформацію та руйнування витрачено 80 % від початкової потенціальної енергії, то залишилось 20% від початкової потенціальної енергії і тому

$$E_{кінцева} = E_{початкова} - A \Rightarrow E_{кінцева} = E_{початкова} - 0,8 E_{початкова},$$

$$E_{кінцева} = 0,2 E_{початкова}.$$

Студенти другої групи згідно рівняння балансу механічної енергії встановили частину енергії, що залишилась під час динамічного випробування зразка

$$E_{початкова} = E_{кінцева} + A \Rightarrow E_{к1} + E_{п1} = E_{к2} + E_{п2} + A,$$

$$E_{к1} = E_{к2} = 0 \Rightarrow 0 + mgH = 0 + mgh + A$$

$$A = 0,8 E_{п1} = 0,8 E_{початкова},$$

$$E_{кінцева} = E_{п2} = E_{п1} - A \Rightarrow E_{кінцева} = 0,2 E_{початкова}.$$

*Питання 4. Чому дорівнює швидкість (U) ножа копра маятникового типу після удару по зразку?*

*Відповідь.* Під час обчислення швидкості (U) ножа копра маятникового типу після удару по зразку, як видно з таблиці 2 були отримані різні відповіді.

Студенти першої групи вважали, що під час динамічного випробування зразка на його деформацію та руйнування витрачено 80 % від початкової потенціальної енергії і тому швидкість ножа копра маятникового типу після удару по зразку можна розрахувати за формулою

$$U = 0,2 \cdot \vartheta_0 = 0,2 \cdot 6,97 = 1,39 \text{ (м/с).}$$

Внаслідок неправильного встановлення причино-наслідкових зв'язків в даних судженнях спостерігається логічна помилка у співставленні логічно неспівставних понять: зміни потенціальної енергії та швидкості ножа копра маятникового типу після удару по зразку. Пропущено логічний крок - обчислення швидкості U ножа копра маятникового типу після удару по зразку згідно рівняння балансу механічної енергії.

Студенти другої групи вважали, що необхідно розрахунки проводити у два етапи. Спочатку необхідно визначити швидкість  $\vartheta_0$  ножа копра маятникового типу в нижньому положенні перед ударом по зразку згідно ЗЗЕ (див. питання 2)

$$\vartheta_0 = 6,97 \text{ м/с.}$$

Наступним кроком є обчислення швидкості U ножа копра маятникового типу після удару по зразку згідно рівняння балансу механічної енергії

$$E_{к1} + E_{п1} = E_{к2} + E_{п2} + A \Rightarrow 0 + m g H = \frac{mU^2}{2} + 0 + A.$$

Студенти врахували, що робота, яка витрачена на деформацію та руйнування зразка під час його динамічного випробування згідно умови дорівнює

$$A = 0,8 E_{повна} = 0,8 E_{п1} = 0,8 m g H$$

і тоді рівняння балансу механічної енергії має наступний вид

$$\frac{mU^2}{2} = m g H - 0,8 m g H \Rightarrow \frac{mU^2}{2} = 0,2 m g H.$$

Отже, швидкість  $U$  ножа копра маятникового типу після удару дорівнює

$$U = \sqrt{0,4gH} = \sqrt{0,4g\ell(1-\cos\alpha)} = 2\sqrt{0,2\cdot 9,8\cdot 3\cdot(1-\cos 80^\circ)} = 3,11 \text{ (м/с)}.$$

Якщо врахувати співвідношення  $\vartheta_0 = \sqrt{2gH}$ , то можна отримати наступний вираз для визначення швидкості ( $U$ ) ножа копра маятникового типу після удару та результат обчислень

$$U = \sqrt{0,4gH} = \sqrt{0,2\cdot 2gH} = \sqrt{0,2}\vartheta_0 = \sqrt{0,2}\cdot 6,96 = 3,11 \text{ м/с}.$$

*Питання 5. За якою формулою можна розрахувати максимальну висоту ( $h$ ) відхилення ножа копра маятникового типу після випробування зразка?*

*Відповідь.* Студенти обох груп згідно рисунка 1 та закону збереження енергії для положень ножа «0» та «2» встановили, що максимальну висоту ( $h$ ) відхилення ножа копра маятникового типу після випробування зразка на вигін можна обчислити наступним чином

$$E_{k0} + E_{n0} = E_{k2} + E_{n2} \Rightarrow \frac{mU^2}{2} + 0 + m g H \Rightarrow h = \frac{U^2}{2g},$$

але отримали різні числові значення.

В судженнях студентів першої групи спостерігається *інтегральна логічна помилка*. Вона пов'язана з логічною помилкою щодо розрахунку швидкості ножа копра маятникового типу після удару по зразку внаслідок неправильного встановлення причино-наслідкових зв'язків.

$$h = \frac{U^2}{2g} = \frac{1,39^2}{2\cdot 9,8} = 0,1 \text{ (м)}.$$

Згідно вихідних даних ( $\ell = 3 \text{ м}$ ,  $\alpha = 80^\circ$ ) та певного перетворення останньої формули максимальну висоту ( $h$ ) відхилення ножа копра маятникового типу після випробування зразка можна визначити наступним чином

$$h = \frac{U^2}{2g} = \frac{(0,2\cdot \vartheta_0)^2}{2g} = \frac{(0,2\sqrt{2gH})^2}{2g} = 0,04H = 0,04\ell(1-\cos\alpha) = 0,1 \text{ (м)}.$$

Студенти другої групи отримали наступний результат

$$h = \frac{U^2}{2g} = \frac{(\sqrt{0,2}\vartheta_0)^2}{2g} = \frac{0,2\vartheta_0^2}{g} = \frac{0,2\cdot 6,97^2}{9,8} = 0,04H = 0,5 \text{ (м)}.$$

Згідно вихідних даних ( $\ell = 3 \text{ м}$ ,  $\alpha = 80^\circ$ ) максимальну висоту ( $h$ ) відхилення ножа копра маятникового типу після випробування зразка можна обчислити наступним чином

$$h = \frac{U^2}{2g} = \frac{(\sqrt{0,4gH})^2}{2g} = 0,2H = 0,2\ell(1-\cos\alpha) = 0,5 \text{ (м)}.$$

*Питання 6. За якою формулою можна розрахувати роботу, яка витрачена на деформацію та руйнування зразка під час його динамічного випробування?*

*Відповідь.* Студенти першої та другої груп надали однакову відповідь. Вони встановили, що згідно рівняння балансу механічної енергії робота, яка витрачена на деформацію та руйнування зразка під час його динамічного випробування дорівнює зміні повної механічної енергії ножа копра маятникового типу внаслідок його удару по зразку

$$\begin{aligned} \Delta E = A &\Rightarrow \Delta(E_k + E_n) = A \Rightarrow \Delta[(E_{k1} + E_{n1}) - (E_{k2} + E_{n2})] = A \\ &(0 + m g H) - (0 + m g H) = A \\ &A = m g(H-h). \end{aligned}$$

*Питання 7. Чому дорівнює кут відхилення ножа копра маятникового типу після випробування зразка?*

*Відповідь.* Студенти першої та другої груп проаналізували рисунок 1. Вони вказали на те, що висоту

підняття ножа копра маятникового типу після випробування зразка можна обчислити за наступною формулою

$$H = \ell(1 - \cos \beta)$$

і тому кут відхилення ножа копра маятникового типу після випробування зразка розраховували за формулою

$$\beta = \arccos\left(1 - \frac{h}{\ell}\right).$$

Результати, які отримані кожною групою студентів щодо визначення кута відхилення ножа копра маятникового типу після випробування зразка були різні.

В результаті неправильного встановлення причинно-наслідкових зв'язків в судженнях студентів першої групи спостерігається інтегральна логічна помилка. Вона пов'язана з логічною помилкою щодо розрахунку максимальної висоти ( $h$ ) відхилення ножа копра маятникового типу після випробування зразка на вигін. А обчислення максимальної висоти ( $h$ ) відхилення ножа пов'язано з логічною помилкою щодо розрахунку швидкості ножа копра маятникового типу після удару по зразку.

$$\beta = \arccos\left(1 - \frac{0,04H}{\ell}\right) = \arccos\left(1 - \frac{0,04 \cdot \ell(1 - \cos \alpha)}{\ell}\right) = \arccos 0,04(24 + \cos 80^\circ) = 14,8^\circ.$$

Деякі студенти отримали ще одну неправильну відповідь. Вони вважали, що під час динамічного випробування зразка на його деформацію та руйнування витрачено 80 % від початкової потенціальної енергії і тому кут відхилення ножа копра маятникового типу після випробування зразка можна розрахувати за формулою  $\beta = 0,2\alpha = 0,2 \cdot 80^\circ = 16^\circ$ . В даних судженнях спостерігається логічна помилка – співставлення логічно неспівставних понять: зміни потенціальної енергії та кутів відхилення ножа копра маятникового типу до та після випробування зразка внаслідок неправильного встановлення причинно-наслідкових зв'язків.

Студенти другої групи здійснили наступні міркування щодо визначення кута відхилення ножа копра маятникового типу після випробування зразка

$$\beta = \arccos\left(1 - \frac{0,2H}{\ell}\right) = \arccos\left(1 - \frac{0,2 \cdot \ell(1 - \cos \alpha)}{\ell}\right) = \arccos 0,2(4 + \cos 80^\circ) = 33,4^\circ.$$

Вони здійснили варіативний підхід щодо отримання відповіді на дане питання. Студенти вважають, що частина енергії, що витрачена на деформацію та руйнування зразка під час його динамічного випробування дорівнює

$$\frac{A}{E_{\text{повна}}} = \frac{E_{n1} - E_{n2}}{E_{\text{повна}}} = \frac{mg(H - h)}{mgh} = 1 - \frac{h}{H} = 1 - \frac{\ell(1 - \cos \beta)}{\ell(1 - \cos \alpha)} = 1 - \left(\frac{\sin \beta / 2}{\sin \alpha / 2}\right)^2$$

і тому кут відхилення ножа копра маятникового типу після випробування зразка можна розрахувати за формулою

$$\beta = 2 \arcsin\left(\sqrt{1 - \frac{A}{E_{\text{повна}}} \sin \frac{\alpha}{2}}\right) = 2 \arcsin\left(\sqrt{1 - \frac{0,8E_{n1}}{E_{\text{повна}}} \sin \frac{80^\circ}{2}}\right),$$

$$\beta = 2 \arcsin(\sqrt{0,2} \cdot \sin 40^\circ) = 33,4^\circ.$$

*Питання 8. Яким чином можна здійснити варіативну перевірку результатів дослідження щодо обчислення частини енергії, яка витрачена на деформацію та руйнування зразка під час його динамічного випробування*

*Відповідь* надана в таблиці 3.

### Висновки

В статті було розглянуто:

- вимоги щодо програмних результатів навчання майбутніх інженерів згідно законодавчої бази України (Закону України «Про вищу освіту», Стандарту вищої освіти України для першого (бакалаврського) рівня галузі знань 13 – Механічна інженерія;

- дидактичні підходи щодо реалізації освітнього процесу на засадах інтеграції знань з фізики та фахових знань на прикладі принципу роботи копра маятникового типу.

Отримані результати можуть бути використані для створення дистракторів з теми «Енергія, Закон збереження механічної енергії. Рівняння балансу механічної енергії».

Розглянуто та проаналізовано деякі логічні помилки в контексті фахового спрямування освітнього процесу з фізики спрямовані на ліквідацію «дефектів» логіки мислення майбутнього інженера.

**Таблиця 3** – Варіативна перевірка результатів дослідження щодо обчислення частини енергії, яка витрачена на деформацію та руйнування зразка під час його динамічного випробування

Результати розв'язання задачі щодо випробувань зразків на вигін за допомогою копра маятнікового типу	
студентами першої групи	студентами другої групи
<b>Перший спосіб</b>	
<p>Згідно питання 2 було встановлено, що під час динамічного випробування зразка на його деформацію та руйнування витрачено 80% від початкової потенціальної енергії</p> $A = 0,8 E_{\text{початкова}}$ <p style="text-align: center;">і тому</p> $\frac{A}{E_{n1}} = \frac{A}{E_{\text{повна}}} = \frac{0,8 E_{\text{початкова}}}{E_{\text{повна}}} = 100\% = 80\%.$	
<b>Другий спосіб</b>	
$\frac{A}{E_{n1}} = \frac{A}{E_{\text{повна}}} = 1 - \frac{h}{H} = 1 - \frac{U^2}{\vartheta_0^2}.$ <p>Згідно питань 2 та 5 були встановлені наступні співвідношення</p> $H = \frac{\vartheta_0^2}{2g} \quad \text{та} \quad h = \frac{U^2}{2g}, \quad U = 0,2 \cdot \vartheta_0$ <p style="text-align: center;">і тому</p>	
$\frac{A}{E_{n1}} = \left(1 - \frac{(0,2\vartheta_0)^2}{\vartheta_0^2}\right) \cdot 100\% = 96\%.$	$\frac{A}{E_{n1}} = \left(1 - \frac{(\sqrt{0,2}\vartheta_0)^2}{\vartheta_0^2}\right) \cdot 100\% = 80\%.$
<b>Третій спосіб</b>	
$\frac{A}{E_{n1}} = \frac{A}{E_{\text{повна}}} = \frac{m g (H - h)}{m g H} = 1 - \frac{h}{H}$ <p>Згідно питання 5 було виведено формулу для визначення максимальної висоти (h) відхилення ножа копра маятнікового типу після випробування зразка і тому</p>	
$\frac{A}{E_{n1}} = \left(1 - \frac{0,04H}{H}\right) \cdot 100\% = 96\%.$	$\frac{A}{E_{n1}} = \left(1 - \frac{0,2H}{H}\right) \cdot 100\% = 80\%.$
<b>Четвертий спосіб</b>	
$\frac{A}{E_{n1}} = \frac{A}{E_{\text{повна}}} = \frac{m g (H - h)}{m g H} = 1 - \frac{h}{H} = 1 - \frac{\ell(1 - \cos\beta)}{\ell(1 - \cos\alpha)} = 1 - \left(\frac{\sin(\beta/2)}{\sin(\alpha/2)}\right)^2$ <p>Згідно питання 7 було виведено формулу для визначення кута відхилення ножа копра маятнікового типу після випробування зразка та обчислено його значення і тому</p>	
$\frac{A}{E_{n1}} = \left[1 - \left(\frac{\sin 14,8^\circ/2}{\sin 80^\circ/2}\right)^2\right] \cdot 100\% = 95,7\%.$ <p style="text-align: center;">Або</p> $\frac{A}{E_{n1}} = \left[1 - \left(\frac{\sin 16^\circ/2}{\sin 80^\circ/2}\right)^2\right] \cdot 100\% = 95\%.$	$\frac{A}{E_{n1}} = \left[1 - \left(\frac{\sin 33,4^\circ/2}{\sin 80^\circ/2}\right)^2\right] \cdot 100\%,$ $\frac{A}{E_{n1}} = 80\%.$
<p><b>Відповідь.</b> Одержали чотири різні відповіді щодо обчислення частини енергії, яка витрачена на деформацію та руйнування зразка під час його динамічного випробування, а саме: 80%, 95%, 95,7%, 96%. Отримані відповіді, окрім першої, не відповідають умові задачі. Логічні помилки під час розв'язання задачі призвели до неправильного остаточного результату дослідження.</p>	<p><b>Відповідь:</b> 80%.</p> <p>Відповідь щодо обчислення частини енергії, яка витрачена на деформацію та руйнування зразка під час його динамічного випробування відповідає умові задачі.</p>

Список літератури

1. Булах І. Є. Створюємо якісний тест : навч. пос. / Булах І. Є., Мруга М. Р. – К. : Майстерклас, – 2006. – 160 с.
2. Гуляев А. П. *Металловедение* / Гуляев А. П. – М. : *Металлургия*, 1977. – 648 с.
3. *Гуляєва Л. В.* Роль фізики у фаховій підготовці майбутніх інженерів / *Л. В. Гуляєва, Т. В. Татарчук.* – *Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні.* – № 2. – 2020. – С. 93–95.
4. *Золотаревский В. С.* *Механические испытания и свойства металлов* / *Золотаревский В. С.* – М. : *Металлургия*, 1974. – 304 с.
5. *Ольшанецкий В. Ю.* Фахове спрямування навчання з фізики майбутніх інженерів / *В. Ю. Ольшанецкий, Л. В. Гуляєва, Т. В. Татарчук.* // *Integration of Education, Science and Business in the Modern Environment: Winter Debates: abstracts of the 1st International Scientific and Practical Internet Conference, February 6–7, 2020.* – Dnipro, 2020. – Р.2. – С. 485–490.
6. *Орендарчук Г. О.* *Логіка : Навчальний посібник для студентів економічних та юридичних спеціальностей вищих навчальних закладів ; Видання друге, перероблене і доповнене* / *Орендарчук Г. О.* – Тернопіль : *Астон*, 2008. – 272 с.
7. *Соколов Є. П.* *Екзаменаційна фізика. Лекції: навчальний посібник [для студ. вищ. навч. закл.] : в 2 т. / Є. П. Соколов.* – Запоріжжя : *ЗНТУ*, 2009.– Т. 1. – 184 с.
8. *Стандарт вищої освіти України для першого (бакалаврського) рівня галузі знань 13 – Механічна інженерія,*– [Електроний ресурс] – Режим доступу. – <https://mon.gov.ua/storage/app/media/vishcha-osvita/zatverdzeni%20standarty/12/21/136-metalurgiya-bakalavr.pdf>

*Одержано 30.06.2021*

© **Гуляєва Л. В.**

**Канд. пед. наук, доцент кафедри фізики, Національний університет «Запорізька політехніка»**

**м. Запоріжжя, Україна**

**Gulyaeva L. Professional direction of physics teaching of future engineers: practical aspect**