

УДК 337:669:531

INTEGRATION OF PHYSICAL AND PROFESSIONAL KNOWLEDGE IN THE CONDITIONS OF TRAINING FUTURE ENGINEERS: A PRACTICAL ASPECT

ІНТЕГРАЦІЯ ФІЗИЧНИХ ТА ФАХОВИХ ЗНАНЬ В УМОВАХ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ ІНЖЕНЕРІВ: ПРАКТИЧНИЙ АСПЕКТ

Huliaieva L.V. / Гуляєва Л.В.*s.ped.s., as.prof. / к.пед.н., доцент*

ORCID: 0000-0002-9766-4860

Ivachnenko E.I. / Івахненко Є.І.*s.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.*

ORCID: 0000-0002-0210-2575

Tatarchuk T.V. / Татарчук Т.В.*s.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.*

ORCID: 0000-0002-6408-0463

*Zaporizhzhia Polytechnic National University, Zaporizhzhia, Zhukovskoho, 64, 69063**Національний університет «Запорізька політехніка», Запоріжжя, Жуковського, 64, 69063*

Анотація. В роботі розглядається питання інтеграції фізичних та фахових знань в умовах підготовки майбутніх інженерів в контексті Стандарту вищої освіти для галузі знань 13 Механічна інженерія. Система інтегративних завдань фахового спрямування з фізики на прикладі ливарного обладнання спрямована на формування загальних, фахових компетентностей, на досягнення програмних результатів навчання щодо фахової підготовки майбутніх інженерів.

Ключові слова: інтеграція, фізичні та фахові знання, компетентності, майбутній інженер, ливарне обладнання

Вступ.

Підготовка майбутніх інженерів в Україні регламентована Законом України «Про освіту», Законом України «Про вищу освіту», «Стандартом вищої освіти України». В Стандарті вищої освіти України [6] подано перелік компетентностей випускника, нормативний зміст підготовки бакалавра, який сформульований у термінах результатів навчання. Майбутні фахівці відповідно до певної галузі знань набувають загальні, фахові компетентності, які підпорядковані результатам навчання. В означеному документі, наприклад, галузі знань 13 Механічна інженерія в процесі освітньої діяльності майбутні фахівці повинні набути загальні компетентності, зокрема, здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу; фахові компетентності: здатність аналізу конструкцій та процесів на основі законів, теорій та методів природничих наук; здатність застосовувати і інтегрувати знання. Одним із програмних результатів навчання, наприклад, є наступний - концептуальні знання і розуміння фундаментальних наук, що лежать в основі відповідної спеціалізації на рівні, необхідному для досягнення інших результатів освітньої програми.

Під час опанування фаховими знаннями, навичками, компетентностями майбутні інженери вивчають об'єкти професійної діяльності відповідно певної спеціалізації. В роботу будь-якого технічного об'єкта покладені інтегративні



знання, які об'єднують знання фахового спрямування та природничо-математичного напрямку, зокрема, знання з фізики. Ні в кого не викликає сумнівів, що можна розуміти практичну частину об'єкта професійної діяльності в якості користувача, але прийняти висококваліфіковане рішення щодо створення, модернізації, експлуатації, певних параметрів обладнання, вдосконалення технологічного процесу інженеру без фундаментальних знань здійснити дуже складно.

Викладачі під час підготовки майбутніх інженерів реалізують в умовах освітнього процесу вимоги, які передбачені законодавчою базою України щодо підготовки фахівців. Відповідно до зазначеного вище було прийнято рішення на прикладі ливарного обладнання розглянути пояснити деякі інтегративні завдання фахового спрямування з дисципліни «фізика» та «обладнання ливарних цехів» на прикладі поворотного механізму з фрикційним кінематичним зв'язком [1, 3] для навчання майбутніх інженерів означеної вище галузі знань.

Основний текст.

Мета інтегративних завдань фахового спрямування – творче перенесення знань природничих наук, зокрема, фізики до ситуації професійного спрямування завдяки взаємопов'язаним та взаємообумовленим мисленнєвим операціям [5] (аналізу, синтезу, порівнянню, абстрагуванню, узагальненню). Реалізація програмних результатів навчання здійснюється шляхом формування концептуальних знань і розуміння фундаментальних наук для підготовки фахівця.

Мисленнєве виділення фахових знань щодо, наприклад, основних частин приводу повороту каруселі автомату (електродвигуна, черв'ячного редуктора; фрикційного ролика; каруселі, пневмоциліндра) та знань з фізики (обертальний рух) призводить до створення моделі та встановлення зв'язків та відношень між знаннями, які необхідні для майбутнього фахівця

В результаті отримуємо нове співвідношення, яке подане в таблиці 1.

Таблиця 1 - Інтеграція фахових знань та знань з фізики

Знання з дисципліни «Обладнання ливарних цехів»	Знання з дисципліни «Фізика»
Поворотний механізм з фрикційним кінематичним зв'язком. Розрахунок часу розгону механізму. Фрикційна пара. Фрикційна передача. Привод повороту каруселі автомату. Коефіцієнт тертя у фрикційній передачі. Обертальний момент фрикційної передачі. Момент сил тертя у фрикційній передачі.	Обертальний рух. Кут повороту. Модуль вектора кута повороту. Напрямок вектора кута повороту. Кутова швидкість. Напрямок вектора кутової швидкості. Лінійна швидкість. Напрямок вектора лінійної швидкості. Кутове прискорення. Напрямок вектора кутового прискорення. Момент сили. Напрямок вектора вектора моменту сили. Сила тертя.

Авторська розробка



Отримане співвідношення виражається у мисленнєвому об'єднанні частин, елементів (інтеграції фахових знань та знань з фізики) в одне ціле, результатом якого є створення інтегративного продукту освітнього процесу для навчання майбутніх інженерів (компетентнісно-орієнтовані фізичні задачі).

Завдяки операціям аналізу та синтезу об'єкт пізнання (технічне обладнання та характеристики обертального руху) хоча і належить окремим системам (освітньому процесу з відповідних дисциплін), але не розділяється на окремі частини, а є єдиним та виявляє спільні властивості.

Порівняння об'єкту пізнання дає можливість відшукати спільні та відмінні суттєві властивості згідно вибраним показникам порівняння.

Мисленнєва операція абстрагування дає можливість виділити в об'єкті пізнання частину однакових ознак та не враховувати інші на певному етапі навчання в умовах поетапного формування розумових дій майбутніх інженерів. Розглядаючи обертання абсолютно твердого тіла на першому етапі поетапного формування розумових дій можна абстрагуватись від певних технічних ознак фрикційного ролика та каруселі та використати означену вище фізичну модель. В результаті введеного абстрактного поняття (абсолютно твердого тіла) для конкретного поняття (означеного вище технічного обладнання) можна сформулювати знання щодо фізико-технічних характеристик обертального руху. Майбутнім інженерам на даному етапі доцільно, на наш погляд, пропонувати розв'язувати наступні інтегративні фахові завдання, які являють певну систему навчальних завдань. Покажемо деякі приклади.

Завдання 1. Ознайомлення з технічним об'єктом. Згідно фахової літератури з'ясувати для системи «фрикційний ролик-карусель»

1) основні частини приводу повороту каруселі автомату (див. рис. 1);

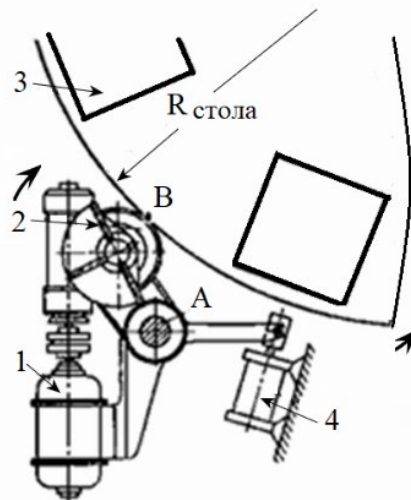


Рис. 1. Механізм з фрикційним кінематичним зв'язком:

1 – електродвигун та черв'ячний редуктор, 2 – фрикційний ролик, 3 – карусель,
4 – пневмоциліндр

Джерело: [1]

2) принцип роботи, який полягає в наступному: фрикційний ролик насаджено на вихідному валу черв'ячного редуктора; під час повороту каруселі фрикційний ролик притискається до її ободу пневмоциліндром і відбувається



поворот каруселі (стола). На рисунку 1 розглянуто випадок, коли фрикційний ролик повертається за годинниковою стрілкою.

Завдання 2. Аналіз навчальної літератури з дисципліни фізика щодо законів обертального руху.

Завдання 3. Розв'язання компетентнісно-орієнтованих задач майбутніми інженерами галузі знань 13 Механічна інженерія.

Задача 1. Згідно аналізу фахової літератури [1] та навчальної літератури [4] з дисципліни фізика створити модель технічного об'єкта для системи «фрикційний ролик-карусель» і на рисунку вказати напрямки наступних векторів, а саме: напрямком вектору елементарного кута повороту, напрямком вектору зміни кутової швидкості, напрямком вектору кутового прискорення, напрямком вектору лінійної швидкості, напрямком вектору обертального моменту в системі «фрикційний ролик-карусель».

Відповідь. На рисунку 2 подана абстрактна модель для системи «фрикційний ролик-карусель». Для встановлення напрямків означених вище векторів в системі «фрикційний ролик-карусель» введемо наступні позначення, саме: $d\vec{\varphi}_p$ – вектор елементарного кута повороту фрикційного ролика, $d\vec{\omega}_p$ – вектор зміни кутової швидкості фрикційного ролика, $\vec{\beta}_p$ – вектор кутового прискорення фрикційного ролика, \vec{v}_p – вектор лінійної швидкості фрикційного ролика, \vec{R}_p – радіус – вектор фрикційного ролика, \vec{M}_p – вектор моменту сили фрикційного ролика; $d\vec{\varphi}_k$ – вектор елементарного кута повороту каруселі, $d\vec{\omega}_k$ – вектор зміни кутової швидкості каруселі, $\vec{\beta}_k$ – вектор кутового прискорення каруселі, \vec{v}_k – вектор лінійної швидкості каруселі, \vec{R}_k – радіус – вектор каруселі, \vec{M}_k – вектор моменту сили каруселі.

Для визначення напрямків цих векторів в системі «фрикційний ролик-карусель» відносно осей координат Ox , Oy , Oz можна скористатись правилами, які були подані раніше [2].

Вектор кутового прискорення каруселі спрямований вздовж осі обертання в сторону елементарного приросту кутової швидкості - за віссю Oy .

Вектор кутового прискорення фрикційного ролика спрямований вздовж осі обертання в сторону елементарного приросту кутової швидкості - проти осі Oy .

Момент сили, що повертає фрикційний ролик за годинниковою стрілкою вважають від'ємним. Вектор обертального моменту у фрикційному ролику спрямований вздовж осі обертання проти осі Oy .

Момент сили, що повертає карусель проти годинникової стрілки вважають додатнім. Вектор обертального моменту каруселі спрямований вздовж осі обертання за віссю Oy .

Напрямок вектору кутового прискорення та напрямком вектору обертального моменту співпадають.

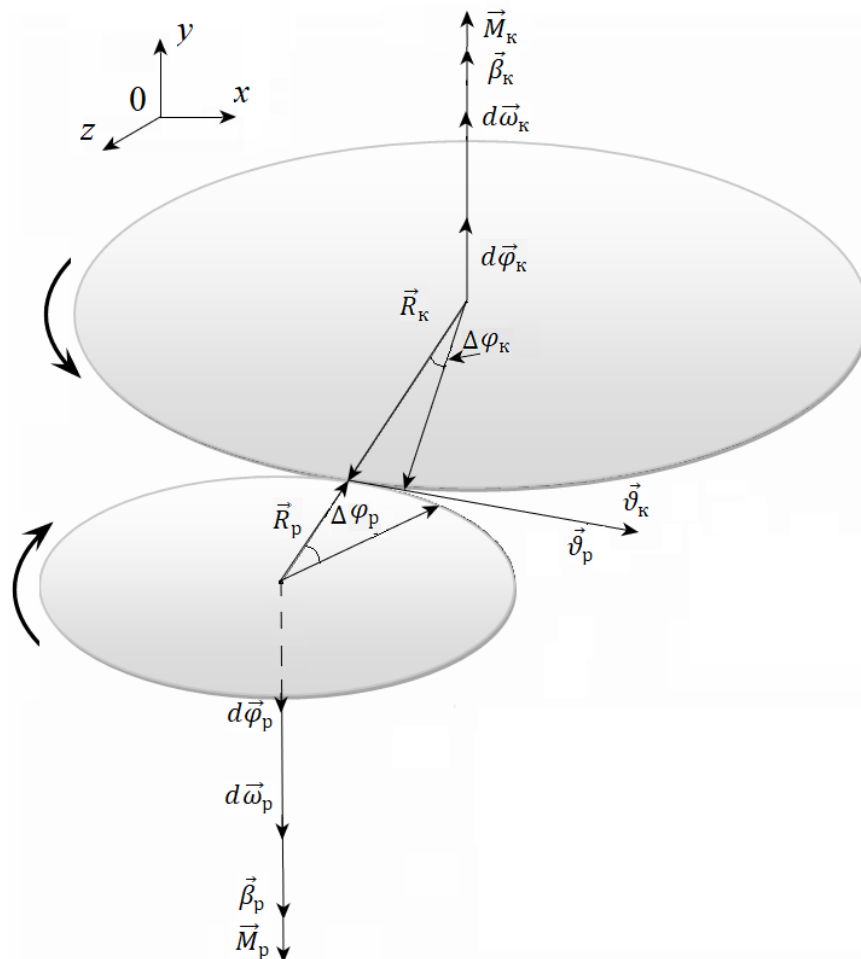
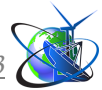


Рис. 2. Напрямки векторів кута повороту, зміни кутової швидкості, кутового прискорення, обертального моменту в системі «фрикційний ролик-карусель»

Авторська розробка

Напрямок лінійної швидкості каруселі та фрикційного ролика в точці В можна встановити згідно наступних міркувань. В точці **B** лінійна швидкість каруселі та фрикційного ролика спрямовані по дотичній. Напрямки лінійних швидкостей фрикційного ролика та каруселі співпадають за напрямком поступального руху правого гвинта під час його обертання від $\vec{\omega}_{\text{ролика}}$ до $\vec{R}_{\text{ролика}}$ або від $\vec{\omega}_{\text{стола}}$ до $\vec{R}_{\text{стола}}$ відповідно.

Задача 2. Заповнити таблицю 2, вказати значення проєкцій відносно осей координат Ox, Oy, Oz наступних векторів, а саме: вектору елементарного кута повороту, вектору зміни кутової швидкості, вектору кутового прискорення, вектору лінійної швидкості, вектору обертального моменту в системі «фрикційний ролик-карусель»..

Відповідь подана в таблиці 2.

Задача 3. Порівняти значення лінійних швидкостей каруселі та фрикційного ролика. *Відповідь.* Лінійна швидкість каруселі та фрикційного ролика за модулем рівні за умови відсутності просковзування.



Таблиця 2 - Проекції векторів відносно осей координат Ox, Oy, Oz в системі «фрикційний ролик-карусель»

№ п/п	Вектор	Фрикційний ролик			Кarusель		
		Проекції векторів відносно осі					
		Ox	Oy	Oz	Ox	Oy	Oz
1	елементарного кута повороту $d\vec{\varphi}$	0	$d\varphi_y >$	0	0	$d\varphi_y > 0$	0
2	зміни кутової швидкості $d\vec{\omega}$	0	$d\omega_y >$	0	0	$d\omega_y > 0$	0
3	кутового прискорення $\vec{\beta}$	0	$\beta_y > 0$	0	0	$\beta_y > 0$	0
4	лінійної швидкості \vec{v}	$v_x > 0$	0	0	$v_x > 0$	0	0
5	обертального моменту \vec{M}	0	$M_y > 0$	0	0	$M_y > 0$	0

Авторська розробка

Задача 4. Порівняти значення кутових швидкостей каруселі та фрикційного ролика. **Відповідь.** Кутові швидкості каруселі та фрикційного ролика ($\omega = v / r$) різні. Кутові швидкості оберно пропорційні їхнім радіусам.

Задача 5. Порівняти значення тангенціальних прискорень каруселі та фрикційного ролика. **Відповідь.** Тангенціальні прискорення каруселі та фрикційного ролика рівні ($a_t = dv / dt$).

Задача 6. Порівняти значення кутів повороту каруселі та фрикційного ролика. **Відповідь.** Кути повороту каруселі та фрикційного ролика різні.

Задача 7. Процес розгону поворотного механізму із фрикційним кінематичним зв'язком супроводжується пробуксовкою фрикційного ролика. Фрикційний ролик під час обертання каруселі притискається до її ободу пневмоциліндром з силою 100 Н. Коефіцієнт тертя у фрикційній передачі дорівнює 0,4. Визначити обертальний момент, який передається механізму, який розганяється. Діаметр каруселі дорівнює 1 м.

Розв'язання. Обертальний момент, який передається каруселі (механізму, що розганяється) визначається моментом сил тертя у фрикційній парі і дорівнює

$$M_{\text{оберт}} = M_{\text{терт}} = \mu FR_{\text{стола}} = 40 \text{ Н.}$$

Задача 8. Визначити момент інерції каруселі. Вважайте карусель суцільним диском товщиною 20 мм, радіусом 1 м, густина металу 7800 кг / м³.

Розв'язання. Момент інерції каруселі дорівнює

$$J = \frac{mR^2}{2} = \frac{\rho VR^2}{2} = \frac{\rho \pi h R^2}{2} = 245 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$



Задача 9. Визначити кутове прискорення поворотного механізму із фрикційним кінематичним зв'язком. Необхідні дані можна взяти із задач 1, 2.

Розв'язання. Запишемо закон динаміки для обертального руху

$$M_{\text{терт}} = J\beta, \quad \beta = 0,16 \text{ 1/с}^2.$$

Задача 10. Визначити кутову швидкість поворотного механізму із фрикційним кінематичним зв'язком через 1 с.

Розв'язання. Кутова швидкість каруселі дорівнює

$$\omega = \omega_0 + \beta t = 0,16 \text{ рад/с.}$$

Задача 11. На який кут повертається карусель поворотного механізму із фрикційним кінематичним зв'язком при досягненні швидкості 0,16 рад/с?

Розв'язання. Кут повороту дорівнює $\varphi = \omega t = 0,16 \text{ рад} \approx 9,4^\circ$.

Задача 12. За який час поворотний механізм із фрикційним кінематичним зв'язком досягне робочої частоти 1,55 Гц?

Розв'язання. Час розгону поворотного механізму із фрикційним кінематичним зв'язком дорівнює

$$t = \frac{\omega}{\beta} = \frac{2\pi\nu}{\beta} = 61\text{с.}$$

Отже, оновлення освітнього процесу в аспекті інтеграції фахових знань та фізичних знань спрямовано на формування комплексних знань, сприяє підвищенню їх системності, узагальненості.

Висновки.

Були розглянуті наступні питання, а саме:

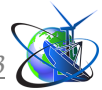
- ✓ вимоги щодо фахової підготовки майбутніх інженерів в контексті Стандарту вищої освіти для галузі знань 13 Механічна інженерія;
- ✓ формування загальних компетентностей (здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу), фахових компетентностей (здатність аналізу конструкцій) в аспекті розвитку мисленнєвих операцій;
- ✓ питання інтеграції фізичних та фахових знань реалізується в процесі розв'язання інтегративних завдань з фізики фахового спрямування.

Були отримані наступні результати.

На підставі аналізу вимог щодо досягнення програмних результатів навчання майбутніх інженерів згідно законодавчої бази України запропоновані інтегративні завдання фахового спрямування доцільно впровадити в освітній процес для галузі знань 13 Механічна інженерія.

Література.

1. Горский А.И. Расчет машин и механизмов автоматических линий литейного производства / А.И.Горский. М.: Машиностроение, 1978. – 551с.
2. Hulyaeva L. Competence-oriented physical tasks: educational guide [for teachers, students of higher education institutions; physics teachers and high school students of general educational institutions, employees of methodical departments of educational institutions, graduate students, scientists] / L. Gulyaeva, T. Tatarchuk –



Karlsruhe: ScientificWorld-NetAkhatAV, 2022. – 195 p.

3. Гуляєва Л.В. Самостійна робота майбутніх інженерів / Л.В. Гуляєва Т.В. Гуляєва // “Наукові записки Бердянського державного педагогічного університету. Серія: Педагогічні науки Серія: Педагогічні науки. – Вип.3. – Бердянськ : БДПУ, 2019. – С.246 – 255. с.

4. Зачек І. Р., Курс фізики: Навчальний підручник / І. Р Зачек, І. М. Кравчук, Б. М. Романишин, В. М Габа., Ф. М. Гончар– Львів: Видавництво “Бескид Біт”, 2002 р.– 376 с.

5. Психологія: Підручник / Ю.Л. Трофімова, В.В. Рибалка, П.А. Гончарук та ін.; за ред. Ю.Л. Трофімова. - К.: Либідь, 2001. -560 с.

6. 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>.

References:

1. Gorskiy A.I. Calculation of machines and mechanisms of automatic foundry lines [*Raschet mashin i mehanizmov avtomaticheskikh liniy liteynogo proizvodstva*], (1978).

2. Hulyaeva L., Tatarchuk T. Competence-oriented physical tasks: educational guide [for teachers, students of higher education institutions; physics teachers and high school students of general educational institutions, employees of methodical departments of educational institutions, graduate students, scientists (2022).

3. Hulyaeva L.V., Tatarchuk T.V. Independent work of future engineers [*SamostIyna robota maybutnIh InzhenerIv*] "Scientific Notes of Berdyan State Pedagogical University. Series: Pedagogical sciences Series: Pedagogical sciences. – Issue 3. (2019). pp. 246 – 255.

4. Zachek I. R., Kravchuk I. M., Romanishin B. M., Gaba V. M., Gonchar F. M. Physics course: Study textbook [*Kurs flziki: Navchalniy pIdruchnik*], (2002).

5. TrofImova Yu.L., Ribalka V.V., Goncharuk P.A. et al. Psychology: Textbook [*PsihologIya: PIdruchnik*], (2001).

6. Standard of higher education of Ukraine for the first (bachelor) level of field of knowledge 13 – Mechanical engineering [*Standart vischoYi osvIti UkraYini dlya pershogo (bakalavrskogo) rIvnya galuzI znan 13 – MehanIchna InzhenerIya*], <https://mon.gov.ua/storage/app/media/vishcha-osvita/zatverdzeni%20standarty/12/21/136-metalurgiya-bakalavr.pdf>, last accessed 2023/05/20

Abstract. *The Ukrainian system of training future engineers is clearly regulated by a number of laws, such as "On Education" and "On Higher Education", as well as "Standard of Higher Education of Ukraine". The latter contains a list of competencies that a graduate must master and the normative content of bachelor's training, formulated in the requirements for learning outcomes.*

Among the key results of educational activities for future professionals in the field of 13 Mechanical Engineering is the understanding of fundamental sciences, which are the basis for specialization and achievement of other goals of the training program. In the learning process, students acquire general and specialized competencies such as abstract thinking, analysis and synthesis, as well as the ability to analyze structures and processes based on scientific laws, theories and methods.

The goal of the integrative tasks of the professional direction is the transfer of knowledge of natural sciences, in particular physics, into the field of professional activity with the help of various thinking operations, such as analysis, synthesis, comparison, abstraction and generalization. The use of these operations in relation to professional knowledge and knowledge of physics leads to the creation of models and the establishment of connections between them, necessary for future professional activities.



The considered relationship combines professional and physical knowledge into a single system, which is expressed in the creation of integrative products of the educational process, such as competence-oriented physical tasks. These tasks, solved with the help of analysis and synthesis, make it possible to identify common and distinctive features between the objects of knowledge and to abstract from unnecessary technical details at the early stages of learning.

In the training of future engineers, teachers take into account the requirements of educational legislation and offer integrative tasks in physics and foundry equipment to solve practical problems in the field of mechanical engineering.

Key words: *integration, physical and professional knowledge, competences, future engineer, foundry equipment*

Стаття відправлена: 30.04.2024 р.

© Гуляєва Л.В., Івахненко Є.І., Татарчук Т.В.