

НАУКОВО-ТЕХНІЧНА ІНФОРМАЦІЯ

ПРО ЦІЛІ ОСВІТНЬОГО ПРОЦЕСУ З ФІЗИКИ В УМОВАХ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ ІНЖЕНЕРІВ: ПРАКТИЧНИЙ АСПЕКТ

Гуляєва Л. В.

канд. пед. наук, доцент, доцент кафедри фізики Національного університету «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя, Україна, e-mail: gulyaeva.ludmila.vlad@gmail.com

Введение

Будь-яка діяльність людини починається з формулювання цілей освітнього процесу. Освітній процес з кожної дисципліни, зокрема, і «фізики» не є винятком. Формулювання цілей освітнього процесу має певні специфічні особливості та підпорядковується всім відомій ієрархії цілей, а саме: стратегічній, тактичній, оперативній.

Стратегія в системі освіти в умовах підготовки майбутніх інженерів визначена в Законі України «Про освіту», Законі України «Про вищу освіту», «Державному стандарті базової і повної загальної середньої освіти», «**Стандарті вищої освіти України**». Стратегічні цілі у вище визначених документах сформульовані згідно передбачених напрямків довготривалого процесу підготовки інженерно-технічних фахівців.

Тактичні цілі підпорядковуються стратегічній меті щодо готовності майбутніх фахівців здійснювати професійну діяльність.

Оперативна мета конкретизується та реалізується під час кожного модульного заняття з дисципліни «фізика» щодо готовності майбутніх фахівців певної галузі до професійної діяльності.

Анализ исследований и публикаций

Формулювання цілей освітнього процесу має певні специфічні особливості. На важливість дослідження даного першочергового питання освітнього процесу звертали увагу видатні педагоги минулого Г. Г. Ващенко, Я. А. Коменський, К. Д. Ушинський, А. С. Макаренко, В. О. Сухомлинський та інші.

Формулюванню цілей освітнього процесу присвятили свої дослідження вітчизняні та зарубіжні вчені ХХ століття Ш. А. Амонашвили, Ю. К. Бабанський, Б. Блум, І. Я. Лернер, В. О. Оніщук, І. П. Підласий, Н. Ф. Талізін, А. В. Хуторський та інші.

В галузі фахових знань 13 «Механічна інженерія» можна знайти відповіді щодо формулювання цілей освітнього процесу в працях відомих вчених П. М. Аксьонова, А. І. Горського, В. Ю. Ольшанецького, М. М. Сосненко та інших.

В галузі дидактики фізики питання формулювання цілей освітнього процесу з дисципліни «фізика» обґрунтована в роботах відомих вчених А. М. Андрєєва, О. І. Бугайова, С. У. Гончаренка, О. І. Іваницького, Е. В. Коршака, С. Є. Каменецького, О. І. Ляшенка, А. І. Павленка, В. Г. Разумовського, О. В. Сергєєва, Є. П. Соколова та інших.

Сформульовані результати навчання майбутніх інженерів, зокрема, наприклад, в когнітивній (пізнавальній) сфері в аспекті фахової підготовки в «Методичних рекомендаціях щодо розроблення стандартів вищої освіти».

Цель работы

Розглянути практичний аспект впровадження методики цілепокладання в освітній процес в умовах навчання майбутніх інженерів в контексті їх фахової підготовки для галузі знань 13 - «Механічна інженерія» для першого (бакалаврського) рівня вищої освіти з дисципліни «фізика» на прикладі інтеграції фізичних знань та фахових знань зі змістовних модулів «Механічні коливання» та «Обладнання пісcomedних машин».

Изложение основного материала и анализ полученных результатов

Згідно Нормативного змісту підготовки майбутніх інженерів стратегічна мета в системі освіти під час навчання студентів, наприклад, галузі знань «13 – Механічна інженерія», сформульована у наступних результатах навчання: «концептуальні знання і розуміння фундаментальних наук, що лежать в основі відповідної спеціалізації, на рівні, необхідному для досягнення інших результатів». Даний результат навчання досягається шляхом цілеспрямованого формування, наприклад, загальних компетентностей («здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу») та спеціальних компетентностей («усвідомлення контекстів, в яких можуть бути застосовані знання металургії, матеріалознавства тощо»).

Тактичну мету доцільно формулювати в аспекті практичного спрямування освітнього процесу з дисципліни «фізика».

Практичне спрямування освітнього процесу з дисципліни «фізика» - один із актуальних напрямків фізико-технічної підготовки майбутніх інженерів і в профільній школі, і в ЗВО, який сприяє поглибленню їхніх теоретичних фізичних знань. Дана мета реалізується в межах змістовних модулів в умовах інтеграції фізичних знань та фахових знань завдяки їх трансформації. Трансформація фахових знань в межах освітнього процесу з дисципліни «фізика» відбувається в різних аспектах, а саме:

- виділення певних фахових дисциплін відповідної галузі знань, наприклад, «Обладнання ливарних цехів»;
- аналіз технічних об'єктів, що вивчають майбутні фахівці з даної фахової дисципліни зі змістовного модуля «Обладнання для виготовлення формувальних та стрижньових сумішей» та відповідного модульного заняття, наприклад, «Обладнання піскометних машин»;
- розроблення інтегративного навчально-методичного комплексу з дисципліни «фізика» відповідно Стандарту вищої освіти України для даної галузі знань.

Оперативну мету конкретизуємо в межах підготовки інтегративного модульного заняття «Механічні коливання» та «Обладнання піскометних машин» з дисципліни «фізика» відповідно до результату навчання майбутніх інженерів в когнітивній (пізнавальній) сфері [6, с. 23–24] в аспекті фахової підготовки майбутніх фахівців (див. табл. 1).

Таблиця 1 – Формулювання оперативної мети інтегративного модульного заняття «Механічні коливання» та «Обладнання піскометних машин» з дисципліни «фізика»

Формулювання оперативної мети згідно	
фахової підготовки майбутніх інженерів зі змістовного модуля «Обладнання піскометних машин»	вивчення дисципліни «фізика» майбутніми інженерами зі змістовного модуля «Механічні коливання»
<i>Знання.</i> Знати будову, принцип роботи, процес роботи, призначення, застосування формувальної машини – піскомета. Класифікувати піскомети за функціональним призначенням (стаціонарні та пересувні), за конструктивними особливостями (рукавні, мостові, рамні), за функціонально-конструктивними особливостями (підвісні, стаціонарні зі змінним бункером, стаціонарні консольні, пересувні, консольні, пересувні зі змінним бункером, пересувні локомотивного типу, мостові) тощо.	<i>Знання.</i> Класифікувати коливання за фізичною ознакою та за режимом їх здійснення. Встановлювати зв'язок між поняттями: - кутова швидкість, власна частота коливань, частота вимушених коливань; - амплітуда вимушених коливань, резонансна амплітуда; - коефіцієнт жорсткості, коефіцієнт загасання, коефіцієнт опору, опір середовища; - сила, швидкість, прискорення.
<i>Кореляція оперативної мети інтегративного модульного заняття «Механічні коливання» та «Обладнання піскометних машин» з дисципліни «фізика»</i> <i>Знання.</i> На підставі знань про будову, принцип роботи, процес роботи, призначення, застосування формувальної машини встановлювати зв'язок між поняттями: - кутова швидкість обертання ротора металевий головки піскомета, частота обертання ротора металевий головки піскомета, циклічна частота вимушених коливань металевий головки піскомета, циклічна частота власних коливань системи (геометричного центру O металевий головки піскомета); - амплітуда вимушених коливань геометричного центру O піскометної головки масою M , допустима амплітуда вимушених коливань крісла оператора; - коефіцієнт жорсткості рукава піскомета; коефіцієнт загасання та коефіцієнт опору віброуючих опор, на яких закріплене крісло оператора; - радіальна сила, яка виникає внаслідок незрівноваженої маси пакета формувальної суміші під час його руху вздовж направляючої дуги; - швидкість та прискорення геометричного центру O піскометної головки масою M на вертикальну площину, яка проходить через продольну вісь рукава.	
<i>Розуміння.</i> Пояснювати - розрахунок амплітуди та частоти коливань піскометної головки.	<i>Розуміння.</i> Інтерпретувати метод векторних діаграм; поняття: вимушене коливання, траєкторія. Виразити в СІ фізичні величини: період коливань, кутову швидкість, власну частоту коливань, частоту вимушених коливань, амплітуду коливань, коефіцієнт жорсткості, коефіцієнт загасання, коефіцієнт опору, силу, швидкість, прискорення.
<i>Кореляція оперативної мети інтегративного модульного заняття «Механічні коливання» та «Обладнання піскометних машин» з дисципліни «фізика»</i> На підставі знань про будову, принцип роботи, процес роботи, призначення, застосування формувальної машини - застосувати метод векторних діаграм для отримання формули амплітуди коливань геометричного центру O піскометної головки масою M , що здійснює вимушені коливання у в'язку середовища та за відсутності тертя; - вивести диференціальне рівняння вимушених коливань на прикладі коливального руху геометричного центру O піскометної головки масою M .	
<i>Застосування.</i> - пояснювати причини виникнення механічних коливань металевий головки піскомета в процесі машинної формовки; - обчислювати амплітуду коливань піскометної головки з урахуванням та без урахування жорсткості рукавів для піскометів різних модифікацій; - обґрунтовувати вплив розмірів рукава щодо забезпечення його міцності; - розраховувати сили, які розвиваються під час обертання ротора та пакета формувальної суміші в системі «металева головка-пакет».	<i>Застосування.</i> Під час розв'язання традиційних задач з фізики будувати векторну діаграму; обчислювати фізичні характеристики вимушених механічних коливань, а саме: - власну частоту коливань, частоту вимушених коливань, резонансну частоту; - період власних коливань, період вимушених коливань; - амплітуду вимушених коливань, резонансну амплітуду; - коефіцієнт загасання, коефіцієнт опору; - силу, швидкість, прискорення.
<i>Кореляція оперативної мети інтегративного модульного заняття «Механічні коливання» та «Обладнання піскометних машин» з дисципліни «фізика»</i> На підставі знань про будову, принцип роботи, процес роботи, призначення, застосування формувальної машини можна розв'язати компетентісно-орієнтовані фізичні задачі (див. далі задачі 1- 12).	
<i>Аналіз. Синтез.</i> Формування здатності щодо аналітико-синтетичної діяльності фахової, фундаментальної інформації, встановлення взаємозв'язку між знаннями, усвідомлення їх цілісності.	<i>Аналіз. Синтез.</i> Розв'язання системи вправ аналітико-синтетичного спрямування згідно відомих навчальних посібників з фізики.
<i>Кореляція оперативної мети інтегративного модульного заняття «Механічні коливання» та «Обладнання піскометних машин» з дисципліни «фізика»</i> На підставі знань про будову, принцип роботи, процес роботи, призначення, застосування формувальної машини здійснити встановлення внутрішніх зв'язків між фаховими знаннями та знаннями з дисципліни фізики шляхом створення фізичної моделі реального технічного об'єкта, підготовки та розв'язання системи завдань інтегративного спрямування відповідної галузі знань.	
<i>Оцінювання.</i> Оцінювати причини виникнення механічних коливань, обґрунтувати шляхи їх усунення.	<i>Оцінювання.</i> Оцінювати засвоєння змістовного модуля «Механічні коливання», наприклад, під час тестування.
<i>Кореляція оперативної мети інтегративного модульного заняття «Механічні коливання» та «Обладнання піскометних машин» з дисципліни «фізика»</i> На підставі знань про будову, принцип роботи, процес роботи, призначення, застосування формувальної машини - пояснювати траєкторію руху по колу геометричного центру O піскометної головки масою M ; - аргументувати побудову векторної діаграми; розрахунок коефіцієнту загасання та коефіцієнту опору віброуючих опор, на яких закріплене крісло оператора; - оцінювати шкоду резонансних частот на здоров'я оператора піскометної машини.	

А тепер в наступних задачах розглянемо деякі питання щодо роботи металльної головки піскомета, які пов'язані з фізичними знаннями зі змістовного модуля «Механічні коливання» в контексті сформульованої вище мети освітньої діяльності майбутніх інженерів. Для формулювання та розв'язання задач будемо використовувати фахову, технічну літературу щодо технічних характеристик формовочного піскомета.

Зауваження! Відстань від осі обертання ротора до центру тяжіння пакета формовочної суміші будемо вважати такою, що дорівнює $R = 340$ мм (враховуємо діаметр ротора $d = 480$ мм та розмір ковша $\ell = 10$ см); пакет формовочної суміші будемо розглядати, як модель «матеріальна точка».

Задача 1. Дати пояснення щодо позначень, які характеризують принцип роботи піскомета (див. рис. 1а, 1б).

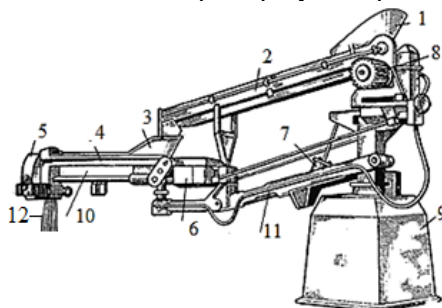


Рис. 1а. Стационарний піскомет

Відповідь: відповідь надана в таблиці 3.

Таблиця 2 – Позначення, які характеризують принцип роботи стационарного піскомета

№ п/п	Позначення деталей піскомета
1, 3	Лійка для прийому формовочної суміші
2, 4	Стрічкові транспортери
5	Метальна головка
6, 8	Електродвигуни
7	Гідравлічний циліндр
9	Чавунна тумба
10	Малий рукав
11	Великий рукав
12	Порції формовочної суміші

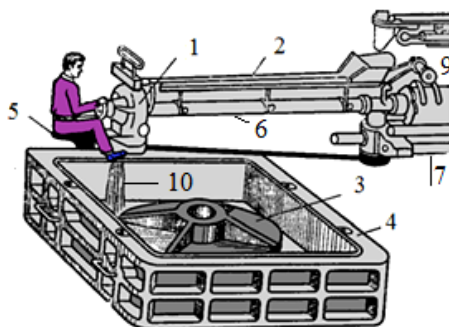


Рис. 1б. Пересувний піскомет

Таблиця 3 – Позначення, які характеризують принцип роботи пресувального піскомета

№ п/п	Позначення деталей піскомета
1	Метальна головка піскомета
2	Транспортер
3	Модель
4	Опока
5	Крісло оператора
6	Малий рукав
7	Великий рукав
9	Електродвигун
10	Порції формовочної суміші

Задача 2. Під час роботи піскомета виникають малі механічні коливання (вібрації) піскометної головки. Назвати основні причини виникнення механічних коливань металльної головки піскомета.

Відповідь. Існують певні причини виникнення механічних коливань металльної головки піскомета в процесі машинної формовки, а саме:

- удари ковша по пакету формовочної суміші в момент потрапляння його в середину кожуха металльної головки піскомета;
- зміна сили, з якою пакет формовочної суміші діє на направляючу дугу вздовж траєкторії його руху;
- дисбаланс ротора піскометної головки;
- зміна сили пружності, що виникає в рукавах піскомета.

Задача 3. Які механічні коливання виникають в режимі стаціонарної роботи піскометної головки?

Відповідь: вимушені механічні коливання.

В режимі стаціонарної роботи піскометної головки виникають вимушені механічні коливання. Ці вимушені механічні коливання металльної головки піскомета виникають внаслідок зовнішнього гармонічного впливу з боку роботи електродвигуна з частотою ω . Необхідно відмітити, що металльна головка піскомета закріплена на його рукавах, а рукава мають власну частоту коливань ω_0 . Після включення електродвигуна (зовнішнього впливу) власні коливання згасають і система (металльна головка) буде здійснювати коливання згідно закону вимушеного впливу – періодичної сили, яка задається наступною формулою

$$\begin{cases} F = F_0 \cos \omega t, \\ F_0 = m \omega^2 R, \end{cases}$$

де m – маса порції суміші, ω – частота вимушених коливань піскометної головки, R – відстань від осі обертання ротора до центру тяжіння пакета суміші.

Задача 4. Визначити циклічну частоту вимушених коливань металльної головки піскомета, що виникають внаслідок роботи електричного двигуна.

Розв'язання. Зовнішній вплив (робота електродвигуна) нав'язує системі частоту коливань. Згідно аналізу навчально-технічної літератури було з'ясовано наступне, а саме: ротор електродвигуна здійснює 1500 обертів за хвилину, кутова швидкість ротора металльної головки піскомета дорівнює 157 рад/с і тому циклічна частота вимушених коливань металльної головки піскомета також дорівнює 157 рад/с.

$$\omega = 2 \pi \nu_{\text{двиг}} = 2\pi \frac{N}{t} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 1500}{60} = 157 \text{ (рад/с)}.$$

Відповідь: $\omega = 157$ рад/с.

Задача 5. За технічними характеристиками рукава піскомета здійснюють за хвилину приблизно 120 власних коливань. Визначити циклічну частоту, період власних коливань рукава піскомета та геометричного центру O металльної головки.

Розв'язання. У рукавних піскометів на його рукавах розміщені металльна головка та основні механізми для її переміщення над формою (див. рис. 2). Згідно галузевої нормативно-технічної документації циклічну частоту власних коливань системи (геометричного центру O металльної головки піскомета) розраховують за наступною формулою

$$\omega_0 = 2\pi \frac{N_0}{t},$$

де ω_0 – циклічна частота власних коливань системи, N_0 – число власних коливань рукава піскомета за час t .

Розрахуємо власну частоту коливань геометричного центру O металльної головки піскомета

$$\omega_0 = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 120}{60} = 12,6 \text{ (рад/с)}.$$

Період власних коливань геометричного центру O металльної головки піскомета дорівнює

$$T = \frac{t}{N} = \frac{60}{120} = 0,5 \text{ (с)}.$$

Відповідь: $\omega_0 = 12,6$ рад/с, $T = 0,5$ с.

Задача 6. Визначити коефіцієнт жорсткості рукавів піскомета.
Розв'язання. Коефіцієнт жорсткості рукавів піскомета дорівнює

$$k = \omega_0^2 M = 12,6^2 \cdot 223 = 35,4 \text{ (кН/м)}.$$

Відповідь: $k = 35,4 \text{ кН/м}$.

Задача 7. Визначити радіальну силу, яка виникає внаслідок незрівноваженої маси пакета формовочної суміші, який рухається вздовж направляючої дуги. Відстань від осі обертання ротора до центра тяжіння пакета складає 340 мм.

Розв'язання. Радіальну силу, яка виникає внаслідок незрівноваженої маси пакета формовочної суміші під час його руху вздовж направляючої дуги можна визначити за формулою

$$F_0 = m\omega^2 R = 0,222 \cdot 157^2 \cdot 0,34 = 1861 \text{ (Н)}.$$

Відповідь: $F_0 = 1861 \text{ Н}$.

Задача 8. Технічні випробування щодо роботи піскомета за умови незначного опору середовища вказують на те, що геометричний центр O піскометної головки масою M рухається по колу. Пояснити це явище.

Розв'язання. Вимушені коливання металльної головки піскомета згідно технічної документації виникають у двох взаємоперпендикулярних площинах – вертикальній та горизонтальній. Згідно даної технічної характеристики можна стверджувати, що і геометричний центр O піскометної головки масою M рухається у двох взаємоперпендикулярних площинах – вертикальній та горизонтальній.

Рівняння вимушених коливань геометричного центру O піскометної головки за умови незначного опору середовища ($\gamma \leq \omega_0$) наступні

$$\begin{cases} M \frac{d^2 x}{dt^2} + kx = F_0 \cos \omega t, \\ M \frac{d^2 y}{dt^2} + ky = F_0 \sin \omega t. \end{cases}$$

В записаних нами рівняннях ми врахували, що повертаюча сила інерції має різні проекції на осі Ox та Oy . Розв'язання даних рівнянь запишемо таким чином

$$\begin{cases} x = A \cos \omega t, \\ y = A \sin \omega t, \end{cases}$$

тобто геометричний центр O піскометної головки одночасно здійснює коливання з однаковими амплітудами та однаковими частотами вздовж осі Ox та Oy , але фаза коливань відрізняється на $\pi/2$. В даному випадку під час додавання коливань наслідком буде рух геометричного центру O піскометної головки по колу радіусом $R_c = A$. Доведемо це твердження.

Піднесемо рівняння для x та y до квадрату та додамо їх і тоді отримаємо рівняння

$$x^2 + y^2 = A^2.$$

Отже, отримане нами рівняння – це рівняння кола, радіус якого – A .

Задача 9. Визначити амплітуду вимушених коливань геометричного центру O піскометної головки масою M за умови дуже незначного опору середовища ($\gamma \leq \omega_0$).

Розв'язання. Геометричний центр O піскометної головки описує коло, радіус якого A (див. попередню задачу та рис. 2). Розглянемо відомий з технічної літератури рисунок 2.

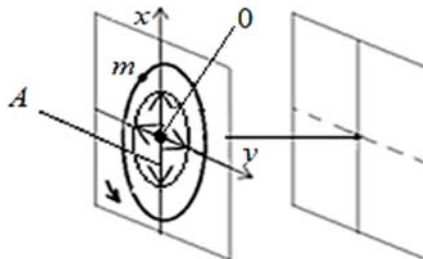


Рис. 2. Схема для розрахунку амплітуди коливань геометричного центру O металльної головки піскомета

В навчально-технічній літературі для спрощення розрахунку амплітуди та частоти коливального руху пісcomedної головки розглядають її коливання у вертикальній площині незрівноваженої маси пакета m . Скористаємось і ми цим припущенням.

Пригадаємо відомий факт про те, що вимушені коливання можна описати згідно гармонічного закону. Запишемо в загальному вигляді диференціальне рівняння коливального руху геометричного центру O пісcomedної головки масою M на вертикальну площину, яка проходить через продольну вісь рукава

$$M\ddot{x} + r\dot{x} + kx = F_0 \cos \omega t,$$

де $r = 2\gamma M$ – параметр, який характеризує загасання.

Розділимо обидві частини даного рівняння на масу пісcomedної головки та введемо відомі наступні змінні

$$\omega_0^2 = k/M, \quad 2\gamma = r/M, \quad f_0 = F_0/M.$$

За умови незначного опору середовища маємо наступне диференціальне рівняння коливального руху геометричного центру O пісcomedної головки

$$\ddot{x} + \omega_0^2 x = f_0 \cos \omega t.$$

Координата вимушених коливань геометричного центру O пісcomedної головки змінюється згідно наступного закону

$$x = A \cos \omega t.$$

Знайдемо другу похідну від координати вимушених коливань геометричного центру O пісcomedної головки, підставимо в попереднє диференціальне рівняння та отримаємо наступне рівняння

$$-A \omega^2 \cos \omega t + A \omega_0^2 \cos \omega t = f_0 \cos \omega t \quad \Rightarrow \quad A(-\omega^2 + \omega_0^2) = f_0.$$

Таким чином, амплітуду вимушених коливань геометричного центру O пісcomedної головки можна визначити за формулою

$$A = \frac{f_0}{|-\omega^2 + \omega_0^2|} = \frac{f_0}{|\omega^2 - \omega_0^2|} = \frac{1}{|\omega^2 - \omega_0^2|} \cdot \frac{F_0}{M}.$$

А тепер підставимо числові значення фізичних величин та розрахуємо амплітуду вимушених коливань геометричного центру O пісcomedної головки

$$A = \frac{1}{|157^2 - 12,6^2|} \cdot \frac{1861}{223} = 0,00034(\text{м}) = 0,34(\text{мм}).$$

Відповідь: $A = 0,34$ мм.

Задача 10. Відомо, що в разі присутності в'язкого тертя (див. задачу 9) вимушені коливання описується більш складним диференціальним рівнянням

$$\ddot{x} + 2\gamma M\dot{x} + \omega_0^2 x = f_0 \cos \omega t.$$

Дане рівняння, зазвичай, розв'язують методом векторних діаграм.

Завдання 1. Вивести формулу для розрахунку амплітуди вимушених коливань геометричного центру O пісcomedної головки масою M з урахуванням в'язкого тертя.

Завдання 2. Отримати із загальної формули (див. попередню задачу) формулу щодо визначення амплітуди вимушених коливань геометричного центру O пісcomedної головки масою M для випадку без урахування в'язкого тертя ($\gamma = 0$).

Розв'язання. Метод векторних діаграм полягає в тому, що величину, яка змінюється за гармонічним законом можна подати, як проекцію вектора, що обертається, на горизонтальну вісь (див. рис. 3).

Врахуємо, що для швидкості та прискорення справедливі наступні формули

$$\dot{x} = -A\omega \sin(\omega t + \varphi) = A\omega \cos\left(\omega t + \varphi + \frac{\pi}{2}\right),$$

$$\ddot{x} = -A\omega^2 \cos(\omega t + \varphi) = A\omega^2 \cos(\omega t + \varphi + \pi).$$

А тепер запишемо диференціальне рівняння коливального руху геометричного центру O піскометної головки масою M за умови в'язкого тертя наступним чином

$$A\omega^2 \cos(\omega t + \varphi + \pi) + 2\gamma A\omega \cos\left(\omega t + \varphi + \frac{\pi}{2}\right) + A\omega_0^2 \cos(\omega t + \varphi) = f_0 \cos \omega t.$$

Ми бачимо, що гармонічне коливання правої частини даного рівняння дорівнює сумі трьох гармонічних коливань лівої частини цього рівняння. Величини правої частини даного диференціального рівняння можна подати, як проекції векторів довжиною $2\gamma A\omega$ та $A\omega^2$, які повернуті на кут $\pi/2$ та π відповідно відносно вектора $A\omega_0^2$.

Розглянемо рисунок 3, на якому подано векторну діаграму.

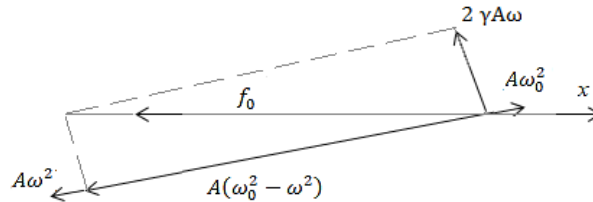


Рис. 3. Векторна діаграма

Отже, дані диференціальні рівняння $\dot{x}(t)$ та $\ddot{x}(t)$ на мові векторних діаграм ми можемо прочитати наступним чином: сума трьох векторів, які взяті з відповідними коефіцієнтами дорівнює вектору прискорення f_0 .

Згідно теореми Піфагора можна отримати наступне рівняння (див. рис. 3)

$$(A\omega_0^2 - A\omega^2)^2 + (2\gamma\omega A)^2 = f_0^2.$$

Відповідно даного рівняння амплітуда коливань геометричного центру O піскометної головки масою M , що здійснює вимушені коливання у в'язкому середовищі дорівнює

$$A = \frac{f_0}{\sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + 4\gamma^2\omega^2}} = \frac{F_0}{M\sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + 4\gamma^2\omega^2}}$$

Завдання 2. У випадку відсутності тертя $\gamma = 0$ загальна формула щодо визначення амплітуди коливань геометричного центру O піскометної головки масою M , що здійснює вимушені коливання переходить до наступного вигляду

$$A = \frac{f_0}{|\omega^2 - \omega_0^2|} = \frac{1}{|\omega^2 - \omega_0^2|} \cdot \frac{F_0}{M}$$

Відповідь: 1) $A = f_0 / \sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + 4\gamma^2\omega^2}$; 2) $A = f_0 / |\omega^2 - \omega_0^2|$.

Задача 11. Аналіз технічної, фахової літератури свідчить про те, що існують пісcomedети, в яких крісло оператора пісcomedета закріплено на його рукавах (див. рис. 1б). Відомо, що під дією змінної сили, внаслідок зовнішнього гармонічного впливу з боку роботи електродвигуна виникають вібрації у пружному середовищі. Таким пружним середовищем є тканини тіла оператора. Наприклад, в тканинах організму оператора, що являє собою складну динамічну систему, внаслідок вібрації виникають змінні механічні напруги, що шкідливо впливають на здоров'я оператора. Ці змінні механічні напруги сприймаються рецепторами та перетворюються в енергію процесів, що пов'язані з біологічною електропровідністю та біохімічними реакціями в клітинах організму людини.

За даними медичних досліджень для організму оператора існують небезпечні частоти – резонансні частоти. І, якщо частота зовнішнього гармонічного впливу з боку роботи електро-двигуна, що чинить дію на оператора, який сидить в кріслі металевий головки пісcomedета, близька або дорівнює резонансній частоті, то відбувається значне зростання амплітуди коливань окремих тканин і органів працівника та всього організму в цілому. Коливання в тканинах людини з резонансною частотою за даними медичних досліджень можуть спровокувати наступні розлади в здоров'ї оператора пісcomedета, а саме: травмування його кісткової тканини та хребта, погіршення зору, порушення в роботі вестибулярного апарату, травної системи тощо.

Значення резонансних частот для різних частин організму різне. Приклади резонансних частот подані в таблиці 4.

Таблиця 4 – Приклади резонансних частот

Резонансна частота, Гц	Частини тіла оператора	Положення тіла оператора
4–6	Тіло людини	Сидить в кріслі піскометної машини
20–30	Головний мозок	
60–90	Яблука очей	

В якій частині тіла оператора може спостерігатись резонанс?

Відповідь: В режимі стаціонарної роботи піскометної головки виникають вимушені механічні коливання, частота яких 25 Гц. Порівняння даних таблиці 2 свідчить, що резонансна частота виникає у головному мозку.

Задача 12. Відомо, що коли крісло оператора піскомета (див. рис. 1б) закріплено безпосередньо на металній головці піскомета, то в цьому випадку працівник знаходиться над робочою зоною опоки і у нього є можливість вільного огляду цієї робочої зони, доречного корегування режиму та маршруту формовки. Але під час роботи піскомета виникають малі механічні коливання (вібрації) піскометної головки, які шкідливо впливають на здоров'я оператора в процесі здійснення його професійної діяльності. Яким чином можна зменшити негативний вплив вібрацій на організм оператора?

Розв'язання. В задачі № 9 ми з'ясували, що амплітуда вимушених коливань геометричного центру O піскометної головки масою M на вертикальну площину, яка проходить через продольну вісь рукава дорівнює $A = 0,34$ мм.

Відповідно норм техніки безпеки існують допустимі величини параметрів щодо вібрації на робочому місці оператора, які подані в таблиці 5. Згідно даної таблиці за умови частоти вимушених коливань металної головки піскомета $\nu = 25$ Гц допустима амплітуда вимушених коливань крісла оператора не повинна перевищувати $A_{\text{допустима}} = 0,018$ мм.

Порівняємо значення розрахованої та допустимої амплітуд вимушених коливань крісла оператора

$$\frac{A_{\text{визначена}}}{A_{\text{допустима}}} = \frac{0,34 \cdot 10^{-3}}{0,018 \cdot 10^{-3}} \approx 19.$$

Отже, визначене значення амплітуди вимушених коливань крісла оператора перевищує допустиму амплітуду згідно норм техніки безпеки приблизно в 19 разів. Для зменшення недопустимої вібрації необхідно обов'язково встановлювати крісло оператора на віброючі опори.

Таблиця 5 – Допустимі величини параметрів вібрації на робочих місцях

Частота коливань		Амплітуда переміщення під час гармонічних коливань, мм
Гц	За хвилину	
1,4	84	3,11
1,6	96	2,22
2,0	120	1,28
2,5	150	0,73
2,8	168	0,61
3,2	192	0,44
4,0	240	0,28
5,0	300	0,16
5,6	336	0,13
6,3	378	0,09
8,0	480	0,056
10,0	600	0,045
11,2	672	0,041
12,5	750	0,036
16,0	960	0,028
20,0	1200	0,022
22,4	1344	0,020
25,0	1500	0,018
31,5	1890	0,014
40,0	2400	0,011

А тепер з'ясуємо значення коефіцієнту загасання віброуючих опор, на яких закріплене крісло оператора. Амплітуда вимушених коливань крісла оператора, що закріплене на віброуючих опорах за умови значного опору розраховують за формулою

$$A = \frac{f_0}{\sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + 4\gamma^2\omega^2}} = \frac{F_0}{M\sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + 4\gamma^2\omega^2}}$$

Запишемо формулу для обчислення коефіцієнту загасання віброуючих опор, на яких закріплене крісло оператора

$$\gamma = \frac{1}{2\omega} \sqrt{\left(\frac{F_0}{A_{\text{допустиме}}M}\right)^2 - (\omega_0^2 - \omega^2)^2}$$

Обчислимо коефіцієнт загасання віброуючих опор, на яких закріплене крісло оператора

$$\gamma = \frac{1}{2 \cdot 157} \sqrt{\left(\frac{1861}{18 \cdot 10^{-6} \cdot 223}\right)^2 - (157^2 - 12,6^2)^2} = 1,47 \cdot 10^3 (1/c)$$

А тепер розрахуємо коефіцієнт опору віброуючих опор, на яких закріплене крісло оператора

$$r = 2\gamma M = 2 \cdot 1,47 \cdot 10^3 \cdot 223 = 6,56 \cdot 10^5 (\text{кг/с})$$

Відповідь: $r = 6,56 \cdot 10^5$ кг/с.

Отже, формулювання результатів навчання з фундаментальної (фізичної) підготовки в аспекті практичного (а саме фахового) спрямування освітнього процесу майбутніх інженерів сприяє поглибленню теоретичних знань з фізики, формуванню цілісної системи знань, усвідомленню значення набутих знань для фахового їхнього зростання.

Выводы

1. В статті було розглянуто практичний аспект щодо формулювання цілей освітнього процесу в умовах навчання майбутніх інженерів в контексті їх фахової підготовки для галузі знань 13 – «Механічна інженерія» для першого (бакалаврського) рівня вищої освіти з дисципліни «фізика» зі змістовних модулів «Механічні коливання» та «Обладнання пісcomedних машин».

З'ясовано, яким чином компетентнісно-орієнтовані фізичні задачі забезпечують практичне спрямування навчання з дисципліни «фізика», сприяють поглибленню цілісної системи теоретичних знань майбутніх інженерів в умовах їхньої фахової підготовки.

2. Удосконалено методику формулювання цілей освітнього процесу під час підготовки майбутніх інженерів з дисципліни «фізика» в умовах інтеграції фізичних та фахових знань щодо готовності майбутніх фахівців здійснювати професійну діяльність для галузі знань 13 – «Механічна інженерія» для першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

3. Аргументовано та впроваджено в освітній процес з дисципліни «фізика» методику формулювання цілей освітнього процесу під час навчання майбутніх інженерів з дисципліни «фізика» в умовах інтеграції фізичних та фахових знань для галузі знань 13 - «Механічна інженерія» для першого (бакалаврського) рівня вищої освіти.

4. Проведене дослідження не вичерпує всі аспекти впровадження методики формулювання цілей освітнього процесу в контексті фахової підготовки майбутніх інженерів.

5. Отримані результати можуть бути використані для збагачення освітнього процесу з дисципліни «фізика» щодо підвищення практичного спрямування навчання фізики з метою поглиблення теоретичних знань майбутніх інженерів.

Список литературы

1. Аксенов П. Н. Расчеты основных видов литейного оборудования / Аксенов П. Н. – Машгиз, 1947. – 96 с.
2. Горский А. И. Расчет машин и механизмов автоматических линий литейного производства / Горский А. И. – М. : Машиностроение, 1978. – 551 с.
3. Гуляева Л. В. Компетентно-орієнтовані задачі з фізики для підготовки майбутніх інженерів : практичний аспект / Гуляева Л. В. // Наукові записки. Серія : Проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти. – Кропивницький : РВВ ЦДПУ ім. В. Винниченка. – 2020 – С. 56–63.
4. Гуляева Л. В. Роль фізики у фаховій підготовці майбутніх інженерів / Гуляева Л. В., Татарчук Т. В. // Нові

матеріали і технології в металургії . – № 2. – 2020. – С. 93–95.

5. Гуляєва Л. В. Впровадження дидактичного методу моделювання в освітній процес з фізики: практичний аспект. Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні / Гуляєва Л. В. – 2021. – № 2. – С. 75–82.

6. Методичні рекомендації щодо розроблення стандартів вищої освіти – [Електронний ресурс] – Режим доступу. <https://mon.gov.ua/storage/app/media/vishcha-osvita/rekomendatsii-1648.pdf>.

7. Ольшанецький В. Ю. Фахове сплямування навчання з фізики майбутніх інженерів / Ольшанецький В. Ю., Гуляєва Л. В., Татарчук Т. В. // 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.

8. Ольшанецький В. Ю. Розвиток критичності мислення майбутніх інженерів / Ольшанецький В.Ю., Гуляєва Л. В., Рудницький Д. В. – Global science and education in the modern realities ‘2020 : conference proceedings. – Seattle: KindleDP, 2020 – С. 363-367.

9. Пескометы формовочные. – [Електронний ресурс] – Режим доступу. <http://siblitmash.com/katalog/formovochnoe-oborudovanie/peskomety-formovochnye/>

10. Соколов Є. П. Екзаменаційна фізика / Соколов Є. П. // Лекції : навчальний посібник [для студ. вищ. навч. закл.] : в 2-х т. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2009. – Т. 1. – 184 с.

11. Сосненко М. Н. Формовщик машинной формовки / Сосненко М. Н. // учебник для техн. училищ ; 5-е изд., пераб. и доп. – М. : Высшая школа, 1980. – 199 с.

12. Стандарт вищої освіти України для першого (бакалаврського) рівня галузі знань 13 – Механічна інженерія. – [Електронний ресурс] – Режим доступу. – <https://mon.gov.ua/storage/app/media/vishcha-osvita/zatverdzeni%20standarty/12/21/136-metalurgiya-bakalavr.pdf>.

Одержано 20.09.2022

ON THE GOALS OF THE EDUCATIONAL PROCESS IN PHYSICS IN THE CONDITIONS OF TRAINING FUTURE ENGINEERS: A PRACTICAL ASPECT

Hulyaeva L.

PhD (pedagogy) Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor of the Department of Physics of National University “Zaporizhzhia Polytechnic”, Zaporizhzhia, Ukraine, e-mail: gulyaeva.ludmila.vlad@gmail.com