

РЕАЛІЗАЦІЯ МІЖПРЕДМЕТНИХ ЗВ'ЯЗКІВ ФІЗИКИ Й УПРАВЛІННЯМ СУДНОМ У ВИЩОМУ НАВЧАЛЬНОМУ ЗАКЛАДІ МОРСЬКОГО ПРОФІЛЮ

REALIZATION OF INTERSUBJECT RELATIONS BETWEEN PHYSICS AND SHIP HANDLING IN HIGHER MARITIME EDUCATIONAL INSTITUTION

Стаття присвячена реалізації міжпредметних зв'язків під час викладання фізики у вищому навчальному закладі морського профілю, необхідності реалізації яких пов'язана з потребою у формуванні комплексу знань із дисциплін, досвіду їх застосування у професії майбутніми судноводителями, регламентовано морським нормативним документам ПДНВ. Під час вивчення теми «Динаміка руху матеріальної точки» з фізики розділу «Механіка» розглядаються основні закони Ньютона та сили динаміки. Підвищення якості засвоєння цього матеріалу пов'язане з формуванням спеціалізованої професійної компетентності – маневрування й управління судном за різних умов, уміння визначити маневрені характеристики та характеристики рухової установки звичайних типів суден, звертаючи увагу на гальмівний шлях. У статті акцентується увага на понятті сили опору середовища, законах Ньютона, властивості інертності, явищі інерції, що характеризують активний і пасивний гальмівний рух, особливості їх подання у такій дисципліні, як «Управління судном» у розділі «Маневри судна», у межах теми «Інерційно-гальмівні якості судна». Врахована хронологія викладання матеріалу у зазначених дисциплінах, специфіка введення основних характеристик і понять із маневрів судна. Представлені задачі з теми «Інерційно-гальмівні якості судна», які використовуються під час проведення практичного заняття з фізики. Розроблена поетапна методика переходу від задач на знаходження сили опору середовища для малих швидкостей руху тіл у середовищі до задач на знаходження сили опору середовища для значних швидкостей руху тіл, яка використовується у задачах професійного змісту. Наведено приклади задач із розв'язками на визначення шляху, часу гальмування судна, кінцевої швидкості розрахунковим методом визначення інерційно-гальмівних властивостей, що використовується під час вивчення дисципліни «Управління судном». Представлено технологію реалізації міжпредметних зв'язків, яка включає три етапи: адаптаційний (ознайомлення курсантів із матеріалом професійного спрямування на рівні життєвого досвіду), когнітивно-діяльнісний (накопичення знань і вмій, необхідних для розв'язання професійних завдань), професійний (залучення курсантів до розв'язання задач професійного змісту на заняттях із фізики).

Ключові слова: вищі морські навчальні заклади, міжпредметні зв'язки, фізика, управління судном, сила опору середовища, активне і пасивне гальмування.

The article is devoted to the implementation of intersubject relations during the implementation of intersubject relations in higher maritime educational institution. The relevance of their implementation is connected with the necessity of complex field knowledge development and the experience of their occupational application. It is regulated by the marine normative documentation of the International STCW Convention. During the studying of the topic "Dynamics of material point movement" belonging to the "Mechanics" part of physics, the main Newton's laws and forces in dynamics are considered. Raising of this material mastering quality is connected with the forming of specialized professional competence – maneuvering and ship handling in various conditions – an ability to determine the nautical and engine package characteristics along with the stopping distance of common vessels. In the article, an attention is paid to such notions as environmental resistance, Newton's laws, intertance, and momentum that characterize active and passive stopping distance. The peculiarities of their teaching are also considered is such discipline as "Ship handling", "Vessel maneuvering" part, and in the topic "Vessel inertia and stopping characteristics". The chronology of the material teaching within the mentioned disciplines, the features of introduction of the main characteristics and notions of vessel maneuvering are also taken into account in the article. The tasks belonging to the "Vessel inertia and stopping characteristics" topic are represented. They are used during practical physical classes. Phased methods of transition from tasks concerned with search of the environmental resistance ratio for low speeds of objects moving within environment, to the tasks concerned with search of the environmental resistance during the high speeds of object moving in environment. The methods are used in the tasks of professional purport. The examples of solving a task concerned with path, stopping time, and terminal velocity determination, with evolving the computational method of inertia-stopping characteristics determination. It is used during learning of the "Ship handling" discipline. The technology of realization of intersubject relations is presented. It includes three stages: adaptive (students' familiarization with the materials of professional orientation on a life experience level), cognitive-functional (collecting the knowledge and perks needed for professional task resolving), professional (students' introduction into resolving of the professional tasks during physics classes).

Key words: higher maritime educational institutions, intersubject relations, physics, ship handling, environmental resistance, active and passive stopping.

УДК 378.14.015.62

DOI <https://doi.org/10.32843/2663-6085-2019-13-1-19>

Колечинцева Т.С.,

канд. пед. наук,
доцент кафедри природничо-наукової
підготовки Херсонської державної
морської академії

Постановка проблеми у загальному вигляді.

У Законах України «Про освіту», «Про вищу освіту», «Національній доктрині розвитку освіти в Україні в XXI ст.», Декларації про європейський простір для вищої освіти, Болонській угоді звертається увага на проблему підвищення якості підготовки фахівця, готовності до виконання складних

завдань професійної діяльності. Це свідчить про необхідність формування у майбутніх випускників вищих навчальних закладів комплексу знань із різних дисциплін, досвіду їх застосування у майбутній професії.

Крім того, необхідність реформування сучасної концепції підготовки і підвищення рівня фахо-

вої компетентності майбутніх судноводіїв відповідно до міжнародних стандартів регламентовано документом «Міжнародна Конвенція з підготовки моряків і несення вахти», де вказаний перелік професійних компетентностей, якими повинен оволодіти майбутній фахівець у вищому навчальному закладі морського спрямування. Підготовка фахівців високого рівня професійних якостей, знань і вмінь, є завданням викладачів спеціальних, а також базових природничо-наукових дисциплін вищих морських начальних закладів. Одним зі шляхів розв'язання цієї проблеми є реалізація міжпредметних зав'язків (далі – МПЗ) між вищезазначеними дисциплінами.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Поняття «компетентність», «компетентнісний підхід», «МПЗ», їх види, рівні реалізації та особливості здійснення у процесі навчання фізики розглянуто попередньо у публікаціях [6, с. 98–85; 7, с. 175–177; 8, с. 121–126, 9, с. 175–177].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. У зв'язку із введенням Болонської освітньої системи в Україні відбувається скорочення в навчальних планах аудиторних годин і збільшення годин для самостійної роботи. Виникає суперечність між підвищенням вимог до якості освіти майбутніх фахівців ВНЗ морської галузі та скороченням аудиторного часу щодо вивчення природничих дисциплін, які є підґрунтям для подальшого засвоєння спеціальних дисциплін. Це проблему можна подолати шляхом реалізації МПЗ між зазначеними дисциплінами. Аналіз наукових джерел, присвячених реалізації МПЗ у навчальному процесі, засвідчує, що проблема реалізації МПЗ фізики та спеціальних дисциплін, зокрема щодо підготовки судноводіїв, є недостатньо досліджуваною. Так, у працях О. Дендеренка розглядається МДІ фізики і спеціальних дисциплін судових механіків у ВНЗ морського спрямування. У роботах Т. Спичак розглянуто методичну систему реалізації МПЗ у навчанні математики морських фахівців.

Спираючись на вищезазначені аспекти, метою нашої статті визначаємо реалізацію МПЗ між дисциплінами «Фізика» й «Управління судном» під час вивчення розділу «Механіка», теми «Динаміка руху матеріальної точки» шляхом залучення курсантів до розв'язування задач професійного спрямування на практичних заняттях із цього розділу. Доцільність підвищення якості його засвоєння пов'язано з реалізацією спеціалізовано-професійної компетентності: маневрування й управління судном за різних умов – уміння визначати маневрові характеристики й особливості рухової установки звичайних типів суден, звертаючи увагу на гальмівний шлях.

Реалізація поставленої мети передбачає вирішення низки завдань:

- з'ясування місця зазначених дисциплін у навчальному плані;
- аналіз змісту теоретичного матеріалу з теми «Динаміка руху матеріальної точки», що розглядається у курсі дисципліни «Фізика», з теми «Інерційно-гальмівні якості судна» – «Управління судном»;
- реалізація МПЗ фізики та професійними дисциплінами у процесі вивчення теми «Динаміка руху матеріальної точки» в курсі фізики.

Виклад основного матеріалу. Результати розв'язання першого завдання представлені у табл. 1, де наведено перелік дисциплін, змістом яких передбачене вивчення питань, пов'язаних із поняттям «сила», зокрема сили опору середовища; назви розділів, у межах яких передбачене їх вивчення, та семестр, протягом якого курсанти їх опановують.

Таблиця 1

Хронологія вивчення теми «Динаміка руху матеріальної точки» під час навчання «Фізики» та «Інерційно-гальмівних якостей судна», «Управління судном»

| Дисципліни | Назва розділу, теми, час вивчення |
|-------------------|--|
| Фізика | Розділ «Механіка», тема «Динаміка руху матеріальної точки» 1 курс, 1 семестр |
| Управління судном | Розділ «Маневри судна», тема «Інерційно-гальмівні якості судна». 2 курс, 1 семестр |

Курсанти вивчають матеріал із теми «Динаміка руху матеріальної точки» з фізики раніше. Тому викладач повинен дати необхідні пояснення щодо подальшого застосування набутих знань і вмінь із динаміки у дисципліні управління судном розділу «Маневри судна». Наведемо пояснення на прикладі практичного використання основних понять і законів механіки під час розгляду таких маневрових характеристик судна, як гальмування судна: 1) у разі миттєвої зупинки судна судноводій повинен володіти інформацією щодо траєкторії руху судна під час маневрів зупинки на повному задньому ході; мати діаграму гальмівних характеристик, що містить гальмівний шлях, швидкість і час до зупинки на різних режимах ходу судна (переднього малого, переднього середнього...); 2) інформація про маневрені характеристики судна наводиться у лоцманській картці (поточні маневрові характеристики), для її уточнення використовують розрахункові методи характеристики активного та пасивного гальмування (шлях, кінцева швидкість, час гальмування). Формули для розрахунків зазначених кінематичних величин отримуються з урахуванням діючих сил опору води, сили тяги гвинта судна, законів і явищ динаміки (закони Ньютона, інертність, інерція). Слід зазначити також те, що маневрові характеристики судна (швидкість судна під час виконання маневру, елементи циркуляції, шлях і час гальмування судна)

потрібно враховувати у вирішенні практично усіх задач з управління судна, у проведенні швартових операцій, плаванні та маневруванні у вузькостях, постановці судна на якір – вони важливі для забезпечення безпеки мореплавства.

Вирішуючи друге завдання, ми намагалися з'ясувати, які основні характеристики та поняття розглядаються в межах теми «Динаміка руху матеріальної точки» розділів «Механіка» у дисциплінах «Фізика» та «Маневри судна», «Інерційно-гальмівні якості судна», «Управління судном». Результати дослідження наведені у табл. 2.

Проаналізувавши поняття, закони та характеристики, котрі формуватимуться в «Управлінні судном», та лекції з фізики, викладач дає їх визначення, наводить формули, які потім відпрацьовуються та використовуються на практичному занятті.

Маневровість – сукупність основних навігаційних властивостей судна, що забезпечує йому можливість пересуватися у заданому напрямку з необхідною швидкістю. Здатність судна змінювати власну швидкість руху у часі під впливом сили упору (тяги) рушія і сили опору води за різних початкових умов називаються інерційно-гальмівними характеристиками. Зміна швидкості проводиться за рахунок зміни режиму роботи головного двигуна, після чого судно здійснює нерівномірний рух.

Шлях і час маневру, пов'язаного з нерівномірним рухом, називають інерційними характеристиками судна. Інерційні характеристики включають у себе такі маневри: рух судна за інерцією – вільне гальмування (вибіг); розгін судна до заданої швидкості; активне гальмування; підгальмовування. Підгальмовуванням називається процес зменшення швидкості від вищого ступеню руху до нижчого. Вільне гальмування (пасивне) характеризує процес зниження швидкості судна під впливом опору води із непрацюючим двигуном. Пасивне гальмування розглядається до швидкості u , де u_0 – початкова швидкість судна, u – поточна.

Активне гальмування – це гальмування за допомогою реверсування двигуна, після чого створюється

сила упору гвинта на задній хід. Спочатку телеграф встановлюють у положення «Стоп», і тільки після того, як оберти двигуна впадуть на 40–50%, ручку телеграфу переводять у положення «Повний задній хід». Закінчення маневру – зупинка судна.

Процес активного гальмування судна умовно можна розділити на 3 періоди:

1) перший період (S_1, t_1) – від моменту початку маневру до моменту зупинки двигуна ($t_1 \approx 7-8$ с); шлях у першому періоді відповідає рівномірному руху: $S_1 = v_0 t_1$ – до вимикання двигуна. Період рівномірного руху судна.

2) другий період (S_2, t_2) – від моменту зупинки двигуна до пуску його на задній хід (у момент вимикання двигуна (команда «СТОП») – до зменшення його обертів). Період пасивного гальмування.

3) третій період (S_3, t_3) – від моменту пуску двигуна на задній хід до зупинки судна або до придбання сталої швидкості заднього ходу. Період активного гальмування.

Весь час активного гальмування дорівнює $t = t_1 + t_2 + t_3$. Весь шлях активного гальмування: $S = S_1 + S_2 + S_3$.

Формули із цих періодів можна використовувати для суден, які обладнані турбозубчатими агрегатами – турбінами (ГТЗА) і гвинтами регульованого кроку (ГРК). Тільки потрібно врахувати, що перший період (рівномірного руху судна) у двигунах з ГРК відсутній.

Гвинт регульованого кроку (ГРК) – це гребний гвинт, у якого регулюється кут повороту лопатей. Лопаті такого гвинта регулюються спеціальним механізмом у діапазоні «повний вперед / стоп – повний назад» залежно від ступеня розвороту лопатей, не змінюючи роботи головного двигуна, судну можна надати або рух вперед, або зупинитися на місці, або створити рух назад.

Сила опору середовища – пропорційна квадрату швидкості $R = kv^2$, k – коефіцієнт пропорційності визначається для значень опору корпусу судна на повному ході R_0 і швидкості повного ходу

$$u_0, k = \frac{R_0}{v_0^2}.$$

Таблиця 2

Основні поняття з теми «Динаміка руху матеріальної точки» під час навчання «Фізика» та «Інерційно-гальмівні якості судна» – «Управління судном»

| Теми | Основні поняття | Основні закони, властивості та характеристики |
|------------------------------------|--|---|
| «Динаміка руху матеріальної точки» | Маса, сила, імпульс тіла, імпульс сили, вага, сила реакції, сила тертя, сила опору середовища, сила тяжіння, центр тяжіння, рівнодійна сила, замкнута система, внутрішні та зовнішні сили. | Інерція, інертність, 1, 2, 3-й закони Ньютона. |
| «Інерційно-гальмівні якості судна» | Сила тяги гвинта, гвинт регульованого шагу, сила опору води, маса судна, додаткова маса (приєднана маса судна), інерційна постійна, імпульс тіла (кількість руху). | Активне, пасивне гальмування, інерція, 2-й закон Ньютона (диференціальне рівняння руху матеріальної точки). |

Інерційна характеристика судна:

$$S_0 = \frac{M_x v^2}{R_0}.$$

Приєднана маса судна – маса води, яка рухається разом із корпусом судна. Така маса складає приблизно 10% від маси судна [14, с. 21–50].

Реалізація міжпредметних зв'язків під час вивчення теми «Динаміка руху матеріальної точки» в курсі фізики здійснюється під час проведення лекції (2 год) та практичного заняття (2 год). Вивчення проблеми способів реалізації МПЗ між фізикою та іншими дисциплінами було висвітлено В.Д. Шарко, котра рекомендує дотримуватися технології, що включає етап адаптації (ознайомлення студентів із матеріалом професійного спрямування на рівні життєвого досвіду), когнітивно-діяльнісний етап (накопичення знань і вмінь, необхідних для розв'язування професійних завдань) та етап професійного застосування (залучення студентів до розв'язання задач професійного змісту на заняттях із фізики).

Етап ознайомлення з матеріалом спеціальної дисципліни, який реалізується на лекційному занятті, є адаптаційним. Наступні етапи реалізуються на практичному занятті (ПЗ). Перед його проведенням курсантам пропонується домашнє завдання на повторення вивченого матеріалу: 1) з фізики тема «Кінематика матеріальної точки» – визначення поступального руху, рівномірного, прискореного, поняття шляху, переміщення, швидкості і прискорення матеріальної точки [10, с. 12–22]; 2) із вищої математики теми: «Невизначений інтеграл», «Визначений інтеграл», «Диференціальні рівняння з відокремлюваними змінними» – основні правила інтегрування, таблиці невизначених інтегралів, основні правила знаходження визначеного інтегралу, правила розв'язування рівнянь із відокремлюваними змінними першого порядку [1, с. 11–13, с. 60–69; 2, с. 5–10].

На другому етапі реалізації технології (когнітивно-діяльнісному) розглядаються фізичні задачі з теми «Динаміка руху матеріальної точки». Наведемо приклад деяких задач № 1 і № 2, подібних до тих, які пропонуються для розв'язання з теми «Інерційно-гальмівні якості судна» розділу «Маневри судна». У них акцентується увага на поняттях сили опору середовища, яка розраховується для малих швидкостей руху тіл за формулою $F = -kv$, де k – деяка стала (коефіцієнт опору середовища), v – швидкість руху тіла.

1. Човен, маса якого m , рухається у стоячій воді зі швидкістю v_0 . Сила опору руху $F = -kv$, де k – стала, що залежить від форми човна. У деякий момент часу двигун човна був зупинений. Встановити залежність швидкості v і шляху S від часу, який відраховується від моменту зупинки двигуна.

2. Судно вагою 4 900 000 Н після вимкнення гвинтів під дією сили тертя води в 9 800 Н зупи-

няється через 1 хв. З якою початковою швидкістю йшло судно [3, с. 21–22].

Розглянувши задачі фізичного змісту, можна перейти до задач професійного змісту – задачі № 3, № 4. Цей етап у технології здійснення міжпредметних зв'язків є професійним. Сила опору середовища у цих задачах розглядається для випадків руху тіл із великими швидкостями, тому розраховується за формулою $F = -kv^2$. Наведемо приклад таких задач.

3. Вивести формулу розрахунку часу та шляху гальмування судна від швидкості u_n до упід дією сили тяги гвинта заднього ходу та сили опору води (активне гальмування). Вважати рух прямолінійним, силу опору пропорційною квадрату руху швидкості судна.

Розв'язання: складається диференціальне рівняння руху судна (2-й закон Ньютона):

$$M_x \frac{dv}{dt} = -R - P_e,$$

де P_e – сила тяги гвинта заднього ходу. Опір води приймається пропорційним квадрату швидкості: $R = -kV^2$. Коефіцієнт пропорційності k визначається для значень опору на повному ході R_0 і швидкості повного ходу V_0 :

$$k = \frac{R_0}{V_0^2}.$$

Значення P_e , R і k підставляються в диференціальне рівняння:

$$M_x \frac{dv}{dt} = -\frac{R_0}{V_0^2} v^2 - P_{\text{шв}}.$$

Після розділення змінних виходить вираз для часу активного гальмування від початкової швидкості u_n до поточної v :

$$t = -M_x \int_{v_0}^v \frac{dv}{\frac{R_0}{V_0^2} v^2 + P_{\text{шв}}}.$$

Для приведення підінтегрального виразу до табличного невизначеного інтеграла:

$$\int \frac{dx}{x^2 + a^2} = \frac{1}{a} \operatorname{arctg} \frac{x}{a};$$

чисельник і знаменник множаться на $\frac{V_0^2}{R_0}$. Тоді маємо:

$$t = -\frac{M_x V_0^2}{R_0} \int_{v_0}^v \frac{dv}{\frac{P_{\text{шв}} V_0^2}{R_0} + v^2} = -\frac{M_x V_0^2}{R_0} \cdot \frac{1}{\sqrt{\frac{P_{\text{шв}} V_0^2}{R_0}}} \left(\operatorname{arctg} \frac{v}{\sqrt{\frac{P_{\text{шв}} V_0^2}{R_0}}} - \operatorname{arctg} \frac{v_0}{\sqrt{\frac{P_{\text{шв}} V_0^2}{R_0}}} \right).$$

Після перетворення остаточно отримуємо:

$$t = \frac{M_x V_0}{\sqrt{P_{\text{шв}} R_0}} \cdot \left(\operatorname{arctg} \left(\frac{v}{v_0} \right) \cdot \sqrt{\frac{R_0}{P_{\text{шв}}}} - \operatorname{arctg} \left(\frac{v_0}{v_0} \right) \cdot \sqrt{\frac{R_0}{P_{\text{шв}}}} \right)$$

Із цієї формули можна вивести формулу швидкості:

$$v = v_0 \sqrt{\frac{R_{\text{шв}}}{P_0}} \cdot \operatorname{tg} \left(\operatorname{arctg} \left(\frac{v_n}{v_0} \right) \cdot \sqrt{\frac{R_0}{P_{\text{шв}}}} - \frac{v_0 t}{S_0} \cdot \sqrt{\frac{R_{\text{шв}}}{P_0}} \right)$$

Оскільки $dt = dS/v$, то значення du/dt представляється у вигляді:

$$\frac{dv}{dt} = -v \frac{dv}{dS}.$$

Далі воно підставляється у диференціальне рівняння:

$$M_x \frac{dv}{dt} = -\frac{R_0}{v_0^2} v^2 - P_{\text{шв}}$$

Після розділення змінних виходить вираз для пройденої відстані за активного гальмування від початкової швидкості v_n до поточної v :

$$S = -M_x \int_{v_n}^v \frac{v dv}{\frac{R_0}{v_0^2} v^2 + P_{\text{шв}}}$$

Для приведення підінтегрального виразу до табличного невизначеного інтеграла:

$$\int \frac{dx}{x^2 + a^2} = \frac{1}{a} \ln(x^2 + a^2),$$

чисельник і знаменник множаться на $\frac{v_0^2}{R_0}$. Тоді отримуємо:

$$S = -\frac{M_x v_0^2}{R_0} \int_{v_n}^v \frac{v dv}{\frac{P_{\text{шв}} v_0^2 + v^2}{R_0}} = -\frac{M_x v_0^2}{R_0} \cdot (\ln(v^2 + v_0^2 \cdot \frac{P_{\text{шв}}}{R_0}) - \ln(v_n^2 + v_0^2 \cdot \frac{P_{\text{шв}}}{R_0}))$$

Після перетворень остаточно виходить:

$$S = \frac{M_x v_0^2}{2R_0} \ln \frac{(\frac{v_n}{v_0})^2 + \frac{P_{\text{шв}}}{R_0}}{(\frac{v}{v_0})^2 + \frac{P_{\text{шв}}}{R_0}}$$

Наведені вище формули часу, шляху гальмування використовуються для розв'язування задач розрахунковим методом визначення інерційно-гальмівних властивостей в управлінні судном під час активного гальмування (третьій період). У наступній задачі розглядається пасивне гальмування та виводяться відповідно формули часу, шляху пасивного гальмування, а також наводиться приклад використання цих формул у розрахунковому методі визначення інерційно-гальмівних властивостей в управлінні судном.

4. Вважаючи рух прямолінійним, силу опору пропорційним квадрату руху швидкості судна: 1) вивести формули розрахунку часу та шляху гальмування судна від швидкості v_n до v під дією сили опору води (пасивне гальмування). 2) визначити час, за який відбувається зниження швидкості до $v = 0,2v_0$ судна з ГРК і ГТЗА після команди «СТОП» і відстань, яку пройде судно за цей час (час вільного гальмування і вибіг судна), маса судна $m=10\ 000$ т, швидкість повного ходу $v_0=7,5$ м/с, опір корпусу судна на швидкості повного ходу $R_0=350$ кН, швидкість судна до початку маневру $v_n=7,2$ м/с, коефіцієнт опору для ГРК $\varepsilon=0,7$.

Розв'язування: 1) складається диференціальне рівняння руху судна (2-й закон Ньютона):

$$M_x \frac{dv}{dt} = -R,$$

де M_x – маса судна з урахуванням приєднаних мас, v – швидкість, R – сила опору середовища. Сила опору середовища – пропорційна квадрату швидкості $R = -kv^2$, k – коефіцієнт пропорційності визначається для значень опору на повному ході R_0 і швидкості повного ходу v_0 . $k = \frac{R_0}{v_0^2}$. Підставивши коефіцієнт пропорційності у диференціальне рівняння руху судна, матимемо:

$$M_x \frac{dv}{dt} = -\frac{R_0}{v_0^2} v^2.$$

Після розділення змінних виходить вираз для часу пасивного гальмування від початкової швидкості v_n до поточної v :

$$t = -\frac{M_x v_0^2}{R_0} \int_{v_n}^v \frac{dv}{v^2} = \frac{M_x v_0^2}{R_0} \left(\frac{1}{v} - \frac{1}{v_n} \right).$$

Оскільки $dt = dS/v$, то значення dv/dt представляється у вигляді: $\frac{dv}{dt} = v \frac{dv}{dS}$. Підставивши цей вираз у диференціальне рівняння руху судна, матимемо

$$M_x v \frac{dv}{dS} = -\frac{R_0}{v_0^2} v^2.$$

Після розділення змінних виходить вираз для пройденої відстані за пасивного гальмування від початкової швидкості v_n до поточної v :

$$S = -\frac{M_x v_0^2}{R_0} \int_{v_n}^v \frac{dv}{v} = \frac{M_x v_0^2}{R_0} \ln \frac{v_n}{v}.$$

Пасивне гальмування розглядається до швидкості $v = 0,2v_0$. Із формули (4) можна виразити кінцеву швидкість:

$$v = \frac{v_0}{1 + \frac{v_0 t}{S_0}}$$

2) Знайдемо масу судна з урахуванням приєднаної маси. $m_1 = 1,1 \cdot m = 11000000$ кг.

Інерційна характеристика судна:

$$S_0 = \frac{m_1 v_0^2}{R_0}, S_0 = \frac{11000000 \text{ кг} \cdot (7,5 \text{ м/с})^2}{350000 \text{ Н}} = 1768 \text{ м}.$$

Визначимо швидкість у кінці періоду: $v = 0,2 \cdot v_0$, $v = 0,2 \cdot 7,5 \text{ м/с} = 1,5 \text{ м/с}$.

Час спадання швидкості до $v = 1,5$ м/с:

$$t = \frac{S_0}{1 + \varepsilon} \left(\frac{1}{v} - \frac{1}{v_n} \right), \text{ де } v = 1,5 \text{ м/с,}$$

$\varepsilon \approx 0,7$ - коефіцієнт опору для ГРК.

$$t = \frac{1768 \text{ м}}{1 + 0,7} \left(\frac{1}{1,5} - \frac{1}{7,2} \right) = 549 \text{ с.}$$

$$S = \frac{S_0}{1 + \varepsilon} \ln \frac{v_n}{v}, S = \frac{1768 \text{ м}}{1 + 0,7} \ln \frac{7,2}{1,5} \approx 1631,4 \text{ м. [13, с. 38-43]}$$

Висновки. Реалізація МПЗ між фізикою та спеціальними дисциплінами у ВНЗ морського профілю є перспективним напрямом вдосконалення навчального процесу і потребує подальшого вивчення. Зокрема, є необхідність у формуванні системи теоретичних знань, що сприятимуть вивченню спеціальних, загальнотехнічних дисциплін, а також у створенні банку задач міжпредметного змісту, які продемонструють використання знань із фізики у розв'язанні професійних задач судноводів.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК:

1. Вища математика у прикладах і задачах : у 4 ч. Ч. 2. Інтегральне числення функції однієї змінної. Диференціальне та інтегральне числення функції багатьох змінних / А.Д. Тевяшев, О.Г. Литвин, Г.М. Кривошеєва та ін. Київ : Кондор, 2006. 460 с.

2. Диференціальні ряди. Функції багатьох змінних: методичні рекомендації до проведення практичних занять з дисципліни «Вища математика» : у 4 ч. Ч. 3. / уклад. Т.С. Колечинцева, В.І. Лисенко ; Херсонська державна морська академія. Херсон, 2012. 66 с.

3. Загальний курс фізики : збірник задач / І.П. Гаркуша, І.Т. Горбачук, В.П. Курінний та ін. ; за заг. ред. І.П. Гаркуші. Київ : Техніка. 2004. 560 с.

4. ИМО Модельные курсы. URL: <http://www.imo.org/en/OurWork/HumanElement/TrainingCertification/Pages/ModelCourses.aspx>.

5. Иродов И.Е. Задачи по общей физике : учебное пособие. Санкт-Петербург : Издательство «Лань», 2005. 416 с.

6. Колечинцева Т.С. Реализация компетентностного подхода при обучении физике будущих судоводителей. *Естественные и точные науки: Вестник Сибирской государственной геодезической академии*. 2014. № 20. С. 78–85.

7. Колечинцева Т.С. Технологія здійснення міжпредметних зв'язків фізики і спеціальних дисциплін ВНЗ морського спрямування. *Актуальні проблеми природничо-математичної освіти в середній і вищій школі* : збірник наукових праць. Херсон : Видавництво ХДУ, 2014. Вип. 8. С. 175–177.

8. Колечинцева Т.С. Формування професійно-значимих знань та умінь під час викладанні

фізики у ВНЗ морського профілю. *Науковий часопис Національного педагогічного університету ім. М.П. Драгоманова. Педагогічні науки*. 2014. Вип. 47 (№ 5). С. 121–126.

9. Колечинцева Т.С. Технологія здійснення міжпредметних зв'язків фізики і спеціальних дисциплін ВНЗ морського спрямування. *Актуальні проблеми природничо-математичної освіти в середній і вищій школі* : збірник наукових праць. Херсон : Видавництво ХДУ, 2014. Вип. 8. С. 175–177.

10. Загальний курс фізики. Т. 1: Механіка. Молекулярна фізика і термодинаміка / І.М. Кучерук та ін. Київ : Техніка, 1999. 536 с.

11. Манільські поправки до додатка до Міжнародної конвенції про підготовку і дипломування моряків та несення вахти (ПДНВ) 1978 р. URL: http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/896_052.

12. Методичні рекомендації з розроблення складових галузевих стандартів вищої освіти (компетентнісний підхід). URL: http://sumdu.edu.ua/images/stories/gen_info/structure/methodical/Methodical_references.pdf.

13. Сборник задач по управлению судами : учебное пособие / Н.А. Кубачев и др. Москва : Транспорт, 1984. 139 с.

14. Управление судном : учебник / С.И. Демин и др. ; под ред В.И. Снопкова. Москва : Транспорт, 1991. 359 с.