УДК 378.14.015.62

DOI <https://doi.org/10.32840/1992-5786.2019.64-1.23>**Т. С. Колечинцева**кандидат педагогічних наук, доцент,
доцент кафедри природничо-наукової підготовки
Херсонської державної морської академії

МІЖПРЕДМЕТНА ІНТЕГРАЦІЯ ТА МОЖЛИВОСТІ ЇЇ РЕАЛІЗАЦІЇ ПІД ЧАС ВИКЛАДАННЯ ФІЗИКИ У ВНЗ МОРСЬКОГО СПРЯМУВАННЯ

У статті обґрунтовано необхідність впровадження міжпредметних зв'язків фізики, вищої математики, теоретичної механіки та управління судном для підвищення рівня теоретичної та практичної підготовки майбутніх фахівців морської галузі, мотивації, інтересу щодо вивчення фізики як дисципліни загальнонаукового циклу.

Розкрита сутність понять «інтеграція», «інтегративний підхід», «міжпредметна інтеграція» та їх властивості, форми, характеристики. Проаналізовано сутність міжпредметних зв'язків, вказано основні компоненти, склад, форми застосування.

Здійснено аналіз змісту зв'язків між темами «Рівновага твердих тіл» (фізика, розділ «Динаміка»), «Центр мас» (теоретична механіка, розділ «Просторова система сил»), «Центр тяжіння і центр величини» (управління судном, розділ «Плавучість судна»), «Визначений інтеграл» та «Застосування кратних інтегралів» (вища математика, розділ «Інтегральне числення функції однієї змінної», «Кратні інтеграли»). Враховано хронологію викладання дисциплін.

Підібрано матеріал фахового змісту з управління судном теми «Центр тяжіння і центр величини» (елементи теоретичного креслення судна, координатні площини, осі, центр величини (плавучості), центр тяжіння судна, водотоннажність, об'ємна водотоннажність, вагова водотоннажність) щодо вивчення зазначеної теми з фізики. Враховано, що підвищення якості засвоєння цього матеріалу пов'язане з формуванням спеціалізованої професійної компетентності – планування та забезпечення безпечного завантаження, розміщення, кріплення, догляду під час рейсу та розвантаження вантажів.

У статті зацентровано увагу на поняттях центр мас, центр тяжіння, вказано методи їх розрахунку у фізиці, вищій математиці, теоретичній механіці, управлінні судном. Розроблено поетапну методичку переходу від завдань на знаходження центра мас (центру тяжіння), що розглядаються у фізиці, вищій математиці, теоретичній механіці, подібні до тих, які пропонуються для розв'язку з розділу «Плавучість судна» теми «Центр тяжіння і центр величини» управління судном, до завдань професійного змісту. У статті продемонстровано практичну значущість матеріалу з фізики, що вивчається, для майбутніх фахівців вищого навчального закладу морського спрямування, необхідність її засвоєння. Визначено актуальність щодо продовження досліджень з реалізації міжпредметних зв'язків між дисциплінами природничо-математичного, технічного та професійного спрямування.

Ключові слова: професійна підготовка майбутніх судноводіїв, міжпредметна інтеграція, фізика, теоретична механіка, математика, управління судном, центр мас, центр тяжіння.

Постановка проблеми у загальному вигляді.

На сучасному етапі розвитку освіти одним з завдань вищої школи є підготовка компетентних спеціалістів. Майбутні фахівці, зокрема морської галузі, повинні не тільки вміти застосовувати знання і вміння з дисциплін у професійній діяльності, а й вирішувати різні виробничі завдання, діяти у різних нестандартних, аварійних ситуаціях, приймати самостійні рішення, бути психологічно стійкими. У зазначених випадках, використовуються також знання, які отримані під час вивчення гуманітарних, соціальних, технічних, природничо-математичних наук. Підготовка фахівців такого рівня найбільш ефективна за умов впровадження міжпредметних зв'язків між дисциплінами, як одного з рівнів міжпредметної інтеграції.

Аналіз досліджень та публікацій з означеної проблеми. Проблема інтеграції наук розгляда-

лась у дослідженнях О. Бугайова, С. Гончаренка, О. Сергєєва, О. Іваницького, І. Козловської, Л. Ковальчук, М. Мартинюка, М. Садового, О. Савченка. Інтегративний підхід та його особливості представлені у працях О. Акимовой, В. Нечета, І. Зимней, С. Куриленко, В. Лопаткина, Б. Мухаммадиева та інших.

Роботи науковців С. Гончаренка, І. Зязюн, П. Стефаненка присвячені проблемі формування і розвитку у вищій школі інтегрованих знань і умінь майбутніх фахівців на основі міждисциплінарних зв'язків гуманітарних, природничих і технічних циклів дисциплін та їх практичного застосування в майбутній професійній діяльності. У роботі О. Дендеренка представлено інтегративні технології навчання природничих і загальнотехнічних дисциплін та методичний супровід їх впровадження у практику підготовки майбутніх судових

механіків. Вивчення інтеграції фізики з математикою були предметом дослідження О. Доброштан, Т. Спичак.

Міжпредметні зв'язки (далі – МПЗ), їх види, сутність, функції, дидактичні умови реалізації були предметом дослідження науковців: Ю. Бабанського, В. Бермана, М. Гельфанда, М. Лошкарьова, М. Скаткіна, І. Лернера, В. Максимової, В. Федорова, В. Паламарчука, К. Ушинського та ін. Реалізація МПЗ, використання задач міжпредметного характеру розглядалась у роботах Н. Тулькібаєвой, А. Усовой, Г. Тодера.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Попри дослідженість проблеми інтеграції наук, МПЗ у вищих навчальних закладах (далі – ВНЗ), майбутні фахівці недостатньо володіють вміннями застосування знань, отриманих під час вивчення дисциплін загальнопрофесійного, загальнокультурного модуля у професійній діяльності. У зв'язку з цим освітній процес необхідно організувати таким чином, щоб майбутні фахівці, зокрема морської галузі, усвідомлювали практичну значущість засвоєного матеріалу. Одним зі способів розв'язання цієї проблеми є застосування МПЗ, реалізація яких вимагає від викладачів ВНЗ морського спрямування знаходження точок перетину фізики з суміжними дисциплінами, такими як математика, теоретична механіка, управління судном, навігація та лоції, теорія та будова судна та ін.

З урахуванням вищезазначеного, **метою** нашої роботи є розкриття можливостей застосування МПЗ у навчанні фізики майбутніх судноводіїв.

Досягнення зазначеної мети передбачало розв'язання таких **завдань**:

1) з'ясування сутності поняття «інтеграція», «інтегративний підхід», «міжпредметна інтеграція», «міжпредметні зв'язки» та їх характеристики;

2) аналіз можливості та способи здійснення МПЗ між фізикою (розділ «Динаміка»), вищою математикою (розділи «Інтегральне числення функції однієї змінної», «Кратні інтеграли») та прикладною механікою (розділ «Просторова система сил»), а також дисципліною «Управління судном» (розділ «Плавучість судна»).

Виклад основного матеріалу. Щодо першого завдання, аналізуючи різні трактування поняття інтеграція, знаходимо його визначення у сучасному словнику іноземних слів як «об'єднання розрізнених частин у єдине загальне ціле», [12, с. 240], у педагогіці вищої школи — «доцільне об'єднання та координація дій різних частин цілісної системи» [8, с.130]. Ми погоджуємося з трактуванням поняття інтеграція науковця М.С. Сердюкової, «*інтеграція* – це процес зближення і зв'язку наук, що відбувається поруч з процесами диференціації, що являє собою вищу форму втілення міжпредметних зв'язків на якісно

новому щаблі навчання» [10, с. 45–49]. Процес інтеграції можна розглядати як певне взаємопроникнення змісту досліджуваних в ВНЗ дисциплін з метою формування комплексних знань про різні явища навколишнього світу. Основою інтеграції є міжпредметні зв'язки.

Можна виділити такі *види інтеграції*: 1) горизонтальна (здійснюється між різними навчальними дисциплінами); 2) вертикальна (об'єднання матеріалу, що повторюється в різні роки навчання на різних рівнях складності у дисципліні). Виділяють такі *форми реалізації інтеграції*: 1) інтеграція знань однієї дисципліни знаннями з інших в межах даної; 2) інтегровані курси; 3) інтегровані дисципліни. В.П. Аберган встановлює такі *рівні інтеграції* в навчальному процесі: 1) міжпредметні зв'язки; 2) дидактичний синтез; 3) цілісність [5, с. 23].

Венциклопедії освіти за редакцією В.Г. Кременя, *інтегративний підхід* (далі – ІП) в освіті формулюється, як підхід, що веде до інтеграції змісту освіти, тобто доцільного об'єднання його елементів у цілісність. Вказується, що результатом інтегративного підходу можуть бути цілісності знань різних рівнів — цілісність знань про дійсність, про природу, з тієї чи іншої освітньої галузі, предмета, курсу, розділу, теми. ІП реалізується під час вивчення інтегрованих курсів чи окремих предметів з освітньої галузі, коли цілісність знань формується завдяки інтеграції їх на основі спільних для всіх предметів понять, застосуванню методів і форм навчання, контролю і корекції навчальних досягнень учнів, що спрямовують навчальний процес на об'єднання знань [4, с. 356].

За В.М. Лопаткіним інтеграційний підхід – засіб, який забезпечує «цілісність картини світу; сприяє розвитку здібностей людини до системного мислення під час вирішенні теоретичних і практичних завдань» [1, с. 162].

Реалізація ІП передбачає здійснення інтеграційних процесів на чотирьох основних рівнях інтеграції: міжпредметному, внутрішньо предметному, міжособистісному, внутрішньо особистісному.

Міжпредметна інтеграція – це інтегрований підхід в освітньому процесі ВНЗ, який стимулює пізнавальну активність студентів, поглибленню їх профільної підготовки з розширенням вивчення інших дисциплін для формування цілісної системи знань [7].

Шляхи здійснення МПІ: 1) впровадженні інтегрованих курсів; 2) використання на занятті навчального матеріалу з інших галузей знань [9, с. 260–267].

Г.В. Бібик у своїй роботі вказує на принцип МПІ, що передбачає систематичну і цілеспрямовану реалізацію МПЗ, як механізму інтеграції знань і способів дій.

Науковцями наведено різні визначення поняття міжпредметні зв'язки (МПЗ), ми пропонуємо звер-

нути увагу на визначення, яке подає А.М. Бандура: *міжпредметні зв'язки* — це взаємовідношення між двома чи декількома навчальними предметами, які передбачають взаємне використання і взаємозбагачення спільних для них знань, практичних вмінь і навичок, а також методів, прийомів, форм і засобів навчання.

За складом МПЗ бувають змістовими, операційними, методичними, організаційними; за напрямом дії — односторонніми, двосторонніми, багатосторонніми; за часовим чинником — спадковими, синхронними, перспективними; за терміном дії — хронометричними (локальними, середньо діючими, довго діючими).

За основними компонентами процесу навчання (змістом, методами, формами організації) МПЗ поділяють на змістово-інформаційні (фактичні, теоретичні, поняттєві) та організаційно-методичні.

Форми застосування МПЗ: а) створення проблемних ситуацій на основі використання матеріалу зі спеціальних дисциплін під час вивчення фізичних понять; б) розв'язування завдань міжпредметного, професійного змісту; в) виконання практичних і експериментальних робіт; г) створення проектів міжпредметного змісту; д) проведення інтегрованих занять.

Щодо другого завдання. Для реалізації МПЗ ми проаналізували зміст зв'язків між навчальними дисциплінами з розділу «динаміка» фізики, «плавучість судна» управління судном, вищою математикою «визначений інтеграл», «кратні інтеграли» та розділу «просторова система сил» прикладної механіки, які відбито у таблиці 1.

Зв'язки, як ми бачимо з таблиці 1, між фізикою та управлінням судна перспективні, отже потрібно дати необхідну інформацію зі спеціальної дисципліни. З наведеною нижче інформацією майбутні судоводії ознайомлюються на лекційному занятті з фізики.

Діаметральна площина (далі — ДП) — поздовжня вертикальна площина, яка проходить крізь середину ширини судна, є площиною симетрії судна (площина *хоз*).

Площина мідель-шпангоута (далі — площина міделю) — поперечна вертикальна площина, розташована посередині конструктивної довжини судна (площина *уоз*).

Основна площина (далі — ОП) — горизонтальна площина, яка проходить крізь верхню кромку перерізу горизонтального килю ДП (кильова лінія), при нахилі кильової лінії ОП проходить крізь точку перетину кильової лінії з площиною міделю (площина *хоу*).

Головні площини (далі — ГП) визначають систему координат, пов'язану з судном. Початок координат — точка перетину ГП. *ox* — лінія перетину ДП и ОП, додатний напрям — в ніс. *Oy* — ліній перетину площини міделю (ПМ) та ОП, додатний

напрямок спрямований у правий борт. *Oz* — перетин ПМ та ПД (рис. 1).

Рис. 1. Головні площини судна, система координат, пов'язана з судном

Для розрахунку координат ЦТ судна використовують теорему теоретичної механіки про статичні моменти рівнодійної сили: якщо дані дієвої сили приводяться до рівнодійної, то момент рівнодійної щодо деякої осі (площини) дорівнює сумі моментів сил щодо тієї самої осі (площини). Отже, ЦТ судна спираючись на вищезазначену теорему: будь-яка координата центра тяжіння судна визначається як сума добутків вагів (сили) складових частин судна на відповідні відстані вздовж координатних осей, поділена на суму вагів (сил) складових частин судна або вантажу, який знаходиться в ньому. Статичний момент — добуток величини ваги (сили) чи об'єму на відстань (вимірюється за перпендикуляром до площини) їх ЦТ до площини, щодо яких розглядаються моменти.

Отже,

$$x_g = \frac{\sum_{i=1}^n P_i x_i}{\sum_{i=1}^n P_i}, \quad y_g = \frac{\sum_{i=1}^n P_i y_i}{\sum_{i=1}^n P_i}, \quad z_g = \frac{\sum_{i=1}^n P_i z_i}{\sum_{i=1}^n P_i},$$

де $P_1, P_2, \dots, P_i$ — сили тяжіння, що діють на елементи тіла. $\sum_{i=1}^n P_i$ — рівнодіюча усіх сил тяжіння, що діють на елементи тіла (вага).

Вага складових частин судна складається з ваги: судна без навантаження, палива та масла, баласту, прісної води, запасів, константи.

Якщо врахувати, що у полі сил тяжіння вага тіла (рівнодійна сил тяжіння, що діють на частинки даного тіла), пропорційна масі, то можна записати на основі цієї теореми для судна формули для визначення ЦТ, а отже і ЦМ:

$$x_g = \frac{\sum_{i=1}^n m_i x_i}{\sum_{i=1}^n m_i}, \quad y_g = \frac{\sum_{i=1}^n m_i y_i}{\sum_{i=1}^n m_i}, \quad z_g = \frac{\sum_{i=1}^n m_i z_i}{\sum_{i=1}^n m_i},$$

де $m_1, m_2, \dots, m_n$ — маси елементів судна та вантажів, які на ньому знаходяться, $x_1, x_2, \dots, x_n$ — абсциси ЦТ елементів судна і вантажів, $y_1, y_2, \dots, y_n$ — ординати ЦТ елементів судна і вантажів, $z_1, z_2, \dots, z_n$ — апплікати ЦТ елементів судна і вантажів.

Таблиця 1

**Міжпредметні зв'язки фізики, вищої математики, прикладної механіки та управління судном
з теми «Рух абсолютно твердого тіла» розділу «Динаміка»**

Міжпредметні зв'язки	Фізика Розділ «Динаміка» тема «Рівновага твердих тіл»	Теоретична механіка Розділ «Просторова система сил» тема «Центр мас»	Управління судном Розділ «Плавучість судна» тема «Центр тяжіння і центр величини»	Вища математика розділ «Інтегральне числення функції однієї змінної», теми «Визначений інтеграл», розділ «Кратні інтеграли» тема «Застосування кратних інтегралів».
1. На рівні понять	Маса тіла. Вага тіла. Абсолютно тверде тіло. Сила реакції опори. Сила тертя Момент сили. момент пари сил. Плече сили. Паралельні сили. Радіус-вектор центра мас. Статичний момент площі. Складання сил та рівнодіюча. Умови рівноваги тіла. Центр мас тіла. Центр тяжіння тіла. Радіус-вектор центра мас. Момент інерції твердого тіла.	Однорідне тіло. Маса тіла. Вага тіла. Паралельні сили. Центр мас (центр інерції). Радіус-вектор центра мас. Центр тяжіння тіла. Статичний момент площі. Тверде тіло. Координати центра тяжіння (центра паралельних сил) однорідного твердого тіла, однорідної поверхні та плоскої фігури. Момент сили. Плече сили. Складання сил та рівнодіюча. Умови рівноваги тіла. Момент інерції твердого тіла.	Центр тяжіння. Діаметральна площа (ДП). Основна площа (ОП). Площина мідельшпангоута. Центр величини (ЦВ). Статичний момент сил. Момент сили. Момент пари сил. Ботокси. Шпангоути. Ватрлінія.	Інтеграл. Визначений інтеграл. Підінтегральна функція. Подвійний інтеграл. Повторний (однократний) інтеграл. Внутрішній інтеграл. Потрійний інтеграл. Поверхнева густина. Середня густина. Статичні моменти пластинки. Координати центра ваги пластинки. Маса матеріального тіла. Об'єм тіла. Середня густина тіла. Статичні моменти тіла. Координати центра ваги тіла. Момент інерції тіла.
2. На рівні методів навчання	Репродуктивні (засвоєння понять і способів дій); Продуктивні (розв'язання завдань, у тому числі професійного спрямування).	Репродуктивні (засвоєння понять і способів дій); Продуктивні (розв'язання завдань, у тому числі професійного спрямування).	Репродуктивні (засвоєння понять і способів дій); Продуктивні (розв'язання завдань професійного спрямування).	Репродуктивні (засвоєння понять і способів дій); Продуктивні (розв'язання завдань професійного спрямування).
3. На рівні способів дій	Способи розв'язку завдань: 1) аналітичний; 2.) геометричний; 3) експериментальний.	Способи розв'язку завдань: 1) метод симетрії 2. Метод розбиття 3. Експериментальний метод (метод підвісу, метод зважувань) 4. Метод доповнення. 5. Метод інтегрування.	Способи розв'язку завдань: 1. Визначення ЦМ судна в умовах експлуатації. 2. За кресленням розміщення вантажів на судні (для визначення ЦТ однорідного чи насипного вантажу у вантажних приміщеннях). 3. Методом трапеції за теоретичним кресленням в табличній формі для визначення ЦВ.	Способи розв'язку завдань: 1. Визначений інтеграл (статичні моменти, моменти інерції, координати центра криволінійної трапеції, координати центра тяжіння) 2. Подвійне інтегрування (визначення центру тяжіння пластинки, фігури, обмеженої лініями, маси, статичні моменти, моменти інерції пластинки, координати центру тяжіння пластинки) 3. Потрійне інтегрування (обчислення маси тіла, середньої густини тіла, статичних моментів щодо координатних площин, моментів інерції щодо координатних осей, координат центр тяжіння)
4. За хронологією (фізика - дисципліна)	1 курс, 1 семестр	2 курс, 1 семестр (перспективні)	2 курс, 1 семестр (перспективні)	1 курс, 1 семестр (синхронні)

Рис. 2. Центр тяжіння та центр величини (плавучості) судна

Для розрахунку маси судна та координат його ЦТ, використовуються дані (розподіл вантажів, запаси судна), що містяться у вантажному плані судна. Крім того вказується інформація у «Інформації про остійність судна», щодо ЦТ судна без навантаження та його маса.

Знаючи параметри порожнього судна (водотоннажність) Δ_0 і розташування змінних вантажів на судні, масу Δ і координати центру ваги судна X_g і Z_g для довільного завантаження можна визначити за формулами:

$$\Delta = \Delta_0 + \sum_{i=1}^n m_i, \quad x_g = (\Delta_0 x_{g0} + \sum_{i=1}^n m_i x_i) / \Delta,$$

$$z_g = (\Delta_0 z_{g0} + \sum_{i=1}^n m_i z_i) / \Delta.$$

Під водотоннажністю розуміють масу судна Δ (т), що дорівнює масі, витісненої ним води. Водотоннажність може також вимірюватися в одиницях об'єму V (м³) і одиницях ваги P (Н). У першому випадку мають справу з так званим об'ємною водотоннажністю, рівною об'єму витісненої судном води, у другому – ваговою водотоннажністю, рівною вазі витісненої судном води.

Оскільки підводний об'єм судна симетричний щодо ДП, то визначати ординату ЦТ уг немає потреби, тому що вона повинна бути рівна або близька до нульового значення. В іншому випадку судно отримає крен, наявність якого не допустима.

Для визначення координат ЦТ однорідного або насипного вантажу у вантажних приміщеннях (трюмах і твиндеках) служить креслення розміщення вантажів на судні, що являє собою поздовжній розріз судна, викреслюють в спотвореному (стислому по довжині) масштабі, на який наносять криву з двома шкалами – шкалою об'ємів генерального вантажу у даному приміщенні за даного рівня його заповнення і шкалою аплікату його ЦТ. У нижній частині креслення нанесена горизонтальна шкала, що дозволяє визначити абсцису ЦТ вантажу.

Центр величини (далі – ЦВ) – центр тяжіння підводного об'єму судна. Центр тяжіння об'єму – центр тяжіння тіла з однорідного матеріалу, який займає цей об'єм і має таку саму форму.

Сили тяжіння судна P являє собою результуючу сил тяжіння корпусу, механізмів, систем і пристроїв, запасів, екіпажу та іншого. Вона спрямована вертикально вниз і прикладена в центрі мас (тяжіння) судна – в т. G (gravity) з координатами x_g , y_g , z_g (в англійській документації – LCG, TCG, KG) (рис. 2).

Ботокси – лінії перетину судна площинами, паралельними ДП. Шпангоути – лінії перетину судна площинами, паралельними площині міделя. Ватерлінія – лінії перетину судна площинами, паралельними ОП [1, с. 53–54; 11, с. 8, 9, 17, 19–24].

Матеріал фахового змісту використовується на практичному занятті з фізики під час розв'язування завдань теми «Рівновага твердих тіл» (2 год.). В задачах №1-5 використовуються способи розв'язування завдань, зазначені у таблиці 1, з математики, фізики, теоретичної механіки. Ці завдання також подібні до завдань, які пропонуються для розв'язку з теми «Центр тяжіння і центр величини» управління судном. Під час розв'язування цих завдань, курсанти набувають досвіду застосування фізичних знань, що дає змогу перейти до розв'язування завдань професійного змісту – задачі № 6-8.

1. Знайти центр ваги колового сектору OAB з центральним кутом 2α (Відповідь $x_c = \frac{3}{4} \pi R$).

2. На рисунку вказано схему корпусу судна. Визначити положення ЦТ площини однорідної поверхні, обмеженої знизу бокової поверхні, з торців – площинами $ADMSE$ і $BCLTK$, з боків – площинами $ABKE$ і $DCLM$ і зверху площиною $ABCD$. Причому квадрати $ADME = BCLK$ зі стороною $2a$. $ABCD$ – прямокутник зі стороною $AB = 10a$. (Відповідь: $x_c = y_c = 0$, $z_c = 1,35a$).

Рис. 3. Коловий сектор OAB

Таблиця 2

Таблиця навантаження судна

№	Найменування навантаження	Маса m , т	Координати ЦТ, м		Статичні моменти (СМ), т*м	
			x (відстань ЦМ вантажу від міделя)	z (відстань ЦМ вантажу ОП)	$m x_i$ (СМ щодо міделя)	$m z_i$ (СМ щодо ОП)
1	2	3	4	5	6	7
1	Δ_0	+5000	-6	4		
2	m_1	+2000	+40	3		
3	m_2	-3000	+30	2		
4	m_3	-1000	-40	5		
5	m_4	+3000	+10	1		
6	Сума		-	-		

3. Маса корпусу крейсера 1900 т. ЦТ корпусу знаходиться по вертикалі над килемна висоті $y_1=6$ м. Після спуску на воду встановили всередину корпусу головні машини масою 450 т, ордината ЦТ $y_2=3$ м, і котли, масою 500 т, ордината ЦТ $y_3=4,6$ м. Визначить ординату y_c загального центру тяжіння корпусу, машин, котлів (Відповідь: $y_c=5,28$ м).

Рис. 4. Корпус крейсера

4. На судні водотоннажністю 4500 т перемістили вантаж з носового відсіку у кормовий на відстань 60 м. На скільки був зміщений загальний ЦТ судна і вантажу? (Відповідь: на 0,4 м)

5. Колінчатий вал трьохциліндрового двигуна складається з трьох колін, що розташовані під кутом 120 один до одного. Визначить положення ЦМ колінчатого валу, вважаючи, що маси колін зосереджені в точках А, В і D, причому $m_A=m_B=m_D=m$. Маса інших частин не враховувати [6, с. 95, с. 266].

Рис. 5. Колінчатий вал трьохциліндрового двигуна

6. Знайти координати загального ЦТ вантажів, масою $m_1=2$ т, $m_2=6$ т, $m_3=10$ т. Координати ЦТ кожного вантажу відповідно: $x_1=2,5$ м, $y_1=1,9$ м, $z_1=1,8$ м; $x_2=-4$ м, $y_2=-2,7$ м, $z_2=-2,4$ м; $x_3=1,5$ м, $y_3=-2,2$ м, $z_3=3,7$ м.

7. Виконати розрахунки координат ЦТ судна після прийняття вантажів, масою m_1 та m_4 і зняття m_2 та m_3 , дані записати у таблицю 2.

8. Для судна без диференту та крену вивести формули розрахунку координат абсциси та аплікату центра плавучості, якщо T – осадка судна, V – об'єм зануреної частини судна, ω – площини шпангоутів, x , y , z – змінні координати площини шпангоутів, ботоксів, ватерліній. (Відповідь:

$$x_c = \frac{L}{2} - \frac{1}{V} \int_{-\frac{L}{2}}^{\frac{L}{2}} \int_{-\frac{L}{2}}^x \omega dx dx, \quad z_c = T - \frac{1}{V} \int_0^T \int_0^z S dz dz).$$

Застосування МПЗ фізики з зазначеними дисциплінами є умовою формування професійних компетентностей майбутніх судноводіїв. Доцільність якості засвоєння теми «Рівновага твердих тіл» пов'язано з формуванням спеціалізованої професійної компетентності планування та забезпечення безпечного завантаження, розміщення, кріплення, догляду під час рейсу та розвантаження вантажів.

Висновки та перспективи. Отже, систематичне впровадження міжпредметних зв'язків забезпечує удосконалення процесу та якості навчання, сприяє формуванню професійних компетентностей, активізації пізнавальної діяльності, формуванню мотивації до вивчення фізики. В наших подальших роботах будемо продовжувати проводити дослідження з зазначеної теми.

Список використаної літератури:

1. Бекенский Б.Е. Практические расчеты мореходных качеств судна. Москва : Транспорт, 1974. 74 с.
2. Гревцева Г.Я., Циулина М.В., Болодурина Э.А., Банников М.И. Интегративный подход в учебном процессе вуза. Современные

- проблемы науки и образования. 2017. № 5. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=26857>
3. Гревцева Г.Я., Циулина М.В., Болодурина Э.А., Банников М.И. Интегративный подход в учебном процессе вуза. *Современные проблемы науки и образования*. 2017. № 5. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=26857>
  4. Енциклопедія освіти / Акад. пед. наук України ; голов. ред. В.Г. Кремень. Київ : Юрінком Інтер, 2008. 1040 с.
  5. Інтеграція навчальних предметів в початковій школі як ефективна форма навчання молодших школярів : Матеріали інтернет-семінару / уклад. Л.Н. Добровольська, В.О. Чорновіл. Черкаси : Видавництво КНЗ «Черкаський обласний інститут післядипломної освіти педагогічних працівників Черкаської обласної ради», 2017. 183 с.
  6. Мещерский И.В. сборник задач по теоретической механике. Москва : Главная редакция физико-математической литературы изд-ва «Наука», 1975. 448 с.
  7. Назарова Н.В. Межпредметная интеграция в формировании конкурентоспособности студентов вуза. *Современные проблемы науки и образования*. 2016. № 5. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=25103>
  8. Педагогіка вищої школи: словник-довідник / упор. О.О.Фунтікова. Запоріжжя : ГУ «ЗІДМУ», 2007. 404 с.
  9. Савченко О.Я. Дидактика початкової школи : Підручник для студентів педагогічних факультетів. Київ : Генеза, 2002. 260 с.
  10. Сердюкова Н.С. Интеграция учебных занятий в начальной школе. Начальная школа. 1994. № 11. 224 с.
  11. Сизов В.Г. Теория корабля : навч. посібн; 2-е вид., з випр.. Одеса : Фенікс, 2004. 284 с.
  12. Современный словарь иностранных слов. Москва : Русский язык, 1993. 740 с.

Kolechyntseva T. Intersubject integration and the options of its realization during physics teaching in higher maritime educational establishments

The article provides proofs for the necessity of intersubject relations application in physics, higher mathematics, theoretical mechanics, and navigation in order to improve theoretical and practical training of the future maritime specialists, their motivation and interest to learn physics as a discipline of the common scientific cycle.

The essence of such concepts as "integration", "integrative approach", and "intersubject integration" is revealed along with their features, forms and characteristics. The main point of the intersubject relations analyzed. Their main components, contents, and forms of application are highlighted.

The analysis of the relations purports between the topics "Equilibrium of solid bodies" (physics, "Dynamics" part), "Centre of inertia" (theoretical mechanics, "Spatial system of forces" part), "Centre of gravity and centre of buoyancy", (navigation, "Vessel flotation" part), "Certain integral", "Application of multiple integrals" (higher mathematics, "Integral calculus of the function of one variable", "Multiple integrals", parts). The chronology of the disciplines lecturing in considered.

The professional material belonging to the topic "Centre of gravity and centre of buoyancy" of navigation discipline is picked (the elements of theoretical vessel blueprints, coordinate planes, axes, the centre of buoyancy (flotation), vessel centre of gravity, water displacement tonnage, volume tonnage, weight tonnage) according to the learning of the mentioned physics topics. The fact that improvement of the quality of the material learning is connected with the development of specialized professional competency is considered. The development includes planning and insurance of safe loading, accommodation, fastening, unloading, and tracking during the voyage.

The article pays attention to the concepts of centre of inertia and centre of gravity. The methods of their calculations in physics, higher mathematics, theoretical mechanics and navigations are highlighted.

The phased methodology of transmission from the centre of inertia (Centre of gravity) search tasks that are considered in physics, higher mathematics, theoretical mechanics and similar to those suggested in the part of "Vessel floating", "Centre of gravity and centre of buoyancy" part of navigation discipline, to the tasks of professional nature. The article demonstrates the practical importance of the physics material being learnt for the future professionals of the higher maritime educational establishment and the importance of its teaching. The relevance of the future research of the intersubject integration between the disciplines of natural, higher mathematical, technical and professional is considered.

Key words: professional training of the future navigators, intersubject integration, physics, theoretical mechanics, higher mathematics, navigation, centre of buoyancy, centre of gravity.