УДК 37. 031. 4 DOI https://doi.org/10.32782/1995-0519.2025.1.28

РОЗВИТОК КОМПЕТЕНЦІЙ З ПРИРОДНИЧО-НАУКОВИХ ТА ТЕХНІЧНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ ЗДОБУВАЧІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ ШЛЯХОМ ЗАЛУЧЕННЯ ДО ГУРТКОВОЇ НАУКОВО-ДОСЛІДНОЇ РОБОТИ

Віктор Алексенко
старший викладач кафедри транспортних технологій і судноремонту
Херсонська державна морська академія, просп. Ушакова, 20, Херсон, Україна, 73000,
aleksenko.vl.1944@gmail.com
ORCID: 0000-0003-4472-0934

Юлія Татарінцева
старший викладач кафедри транспортних технологій і судноремонту
Херсонська державна морська академія, просп. Ушакова, 20, Херсон, Україна, 73000,
tatarintseva.yuliia@gmail.com
ORCID: 0000-0002-8865-4126

Петро Фостик
стажер-дослідник кафедри транспортних технологій і судноремонту
Херсонська державна морська академія, просп. Ушакова, 20, Херсон, Україна, 73000,
defold.fp@gmail.com
ORCID: 0009-0000-8418-0827

Кирило Юренін
старший викладач кафедри транспортних технологій і судноремонту
Херсонська державна морська академія, просп. Ушакова, 20, Херсон, Україна, 73000,
kirr_87@ukr.net
ORCID: 0000-0003-3687-6023

Геннадій Васильченко
кандидат педагогічних наук, доцент кафедри транспортних технологій і судноремонту
Херсонська державна морська академія, просп. Ушакова, 20, Херсон, Україна, 73000,
vasilchenkogenadii@gmail.com
ORCID: 0000-0002-8320-4441

У статті розглядаються організаційні форми й методи розвитку компетенцій здобувачів вищої освіти у світлі майбутніх етапів науково-технічної революції та подолання Україною технологічного відставання завдяки стрибку одразу до шостого технологічного укладу.

Проаналізовано тенденції, які останні десятиліття визначають розвиток системи вищої технічної освіти в Україні та характеризуються впровадженням стандартів болонської системи, кредитно-модульних технологій, а також скороченням аудиторного навантаження з фундаментальних і спеціальних дисциплін на користь вузькоспеціальних [1].

Одним з основних напрямів виховання майбутніх спеціалістів вітчизняної науки й техніки автори розглядають гурткову та інші форми позааудиторної науково-дослідницької роботи, де реалізується принцип «учитель – науковець».

Досліджено організацію науково-дослідної роботи здобувачів вищої освіти на кафедрі транспортних технологій і судноремонту Херсонської державної морської академії та проблеми залучення студентів до науково-дослідної роботи.

Наведено конкретні приклади виявлення на лабораторних і практичних заняттях технічних проблем та шляхів їх вирішення силами тимчасових творчих колективів, що створюють із членів науково-дослідного гуртка. Як приклади розглянуто завдання вдосконалення лабораторної роботи з визначення механічних властивостей конструкційних матеріалів і практичного заняття з технології вантажно-розвантажувальних робіт. В останньому випадку сформульовано критерій оптимального стропування довгомірних призматичних виробів і пакетів з них та запропоновано розрахункові формули для випадку підвіски з двома стропами у двох похилих площинах з урахуванням подовжньо-поперечного згину та за допомогою вантажопідйомної траверси в трьох вертикальних площинах.

Напрацьовані результати та досвід можуть бути рекомендовані для впровадження в організацію освітнього процесу природничо-наукових і технічних спеціальностей закладів вищої освіти.

Ключові слова: технічна та прикладна механіка, комп'ютерна графіка, методи розвитку компетенцій, науково-дослідна робота, науковий гурток, професійна освіта.

Актуальність роботи. Нові види транспорту з поліпшеними характеристиками (великовантажності, швидкості, дальності, дешевизни), комбінованих транспортних систем, екологічно чистих відновлюваних джерел енергії, виробництва конструкційних матеріалів із заздалегідь заданими властивостями, закривальними й нанотехнологіями забезпечать небувале фондо-, енерго- й працезбереження та загальні можливості людства.

Експерти прогнозують, що за умови збереження нинішніх темпів техніко-економічного розвитку, шостий технологічний уклад якої почав формуватися у 2010–2020 роках, у фазу зрілості вступить у 2040-ві роки. Як уважають, у 2020–2030 роках відбудеться нова науково-технічна та технологічна революція, основою якої стануть розробки, що синтезують досягнення вищеназваних базових напрямів. Для таких прогнозів є підстави. У США, наприклад, частка продуктивних сил п'ятого технологічного укладу становить 60 %, четвертого – 20 %. І близько 5 % уже припадають на шостий технологічний устрій. В Україні частка технологій п'ятого укладу, імовірно, поки не перевищує оцінки приблизно 10 %.

З огляду на наведене, стає зрозумілою вся складність завдання, що стоїть перед вітчизняною наукою і технологіями. Є нагальна потреба забезпечити конкурентоздатність України протягом найближчих 10 років у входженні до держав із шостим технологічним укладом [2; 3].

Одним з найважливіших тригерів економічного розвитку мають бути транспортні технології, зокрема суднобудування. Наразі Україна відстає від передового суднобудування приблизно на один технологічний уклад – років на 20, і втратила більшу частину торгівельного флоту. За оцінками авторів, потреби цивільного суднобудування України становлять не менш ніж 500 суден на рік.

Як зазначено вище, одним із базових напрямів розвитку шостого технологічного укладу мають стати розробка та виробництво конструкційних матеріалів із заздалегідь заданими властивостями. Ці матеріали виштовхнуть традиційну низьколеговану суднобудівну сталь, як вона в позаминулому столітті потіснила деревину, і стануть важливим елементом технологічної революції, що відбудеться на водному транспорті. Розробки повинні містити масштабні теоретичні та експериментальні дослідження для конструювання й прогнозування властивостей перспективних композитних матеріалів, серед яких важливе місце посідають епоксикомпозити. Дані дослідження та паралельна підготовка чергового покоління фахівців, коли здійснюється затверджений у передових наукових школах принцип «учитель – науковець», потребують сучасної лабораторної бази. Тому випробування матеріалів нового покоління повинні проводити тільки на найдосконалішому обладнанні. Також має бути відпрацьовано методологію та метрологічне забезпечення досліджень. Але під час роботи на передових позиціях науки навіть найдосконаліше серійне устаткування неспроможне повною мірою забезпечити потреби досліджень. Отже, виникає необхідність створення «просто на ходу» як окремих пристосувань, так і цілих комплексів унікальних приладів та наукових методик, що потребує дослідно-експериментальних розробок. Для реалізації зазначеної потреби, з ініціативи авторів, на базі Херсонської державної морської академії (далі – ХДМА) організовано гурток та студентське конструкторське бюро. Метою їх створення стала потреба підготовки висококваліфікованих фахівців з творчими навичками та опрацювання спільно зі студентами сучасних методик викладання базових предметів транспортної галузі. Окремі розробки представлені, зокрема, у цій роботі.

Матеріали й результати досліджень. Останні десятиліття розвитку системи вищої технічної освіти в Україні характеризуються такими тенденціями:

– упровадженням стандартів болонської системи;

– кредитно-модульними технологіями;

– скороченням аудиторного навантаження студентів з фундаментальних та спеціальних дисциплін на користь вузькоспеціальних.

Скорочення аудиторного навантаження студентів з фундаментальних і спеціальних дисциплін суперечить новітнім вимогам ринку фахівців технічних та природничих спеціальностей. Світовий ринок праці давно бере участь у формуванні освітніх стандартів, які нині описують компетенціями. Створення нових стандартів супроводжується анкетуванням роботодавців. Саме

вони відбирають, які компетенції є найважливішими для здобувача вищої освіти.

Загострюються проблеми порушення здорового балансу між базовими фундаментальними дисциплінами та вузькоспеціальними предметами під час підготовки спеціалістів. До того ж фундаментальна підготовка має забезпечувати базові стратегії діяльності та здатність до подальшого швидкого опанування технологій виконання вузькоспеціальних завдань. Проте повсюдно спостерігаються зсуви в бік вузькоспеціальних дисциплін. Тому в нинішніх умовах для кожного відповідального викладача зберігається проблема вкласти основні поняття своєї дисципліни в аудиторне навантаження та якнайкраще забезпечити передбачувану самостійну роботу здобувачів вищої освіти [4].

Оскільки тривіальне рішення – збільшення аудиторного навантаження – недосяжне, то зберігається лише можливість суворо дозувати матеріал разом із відповідними методичними прийомами. Одним із таких рішень є залучення здобувачів вищої освіти до науково-дослідної роботи в гуртках та студентських конструкторських бюро (далі – СКБ).

Організація науково-дослідної роботи здобувачів вищої освіти на кафедрі транспортних технологій і судноремонту Херсонської державної морської академії. Науково-дослідницька робота здобувачів вищої освіти здійснюється на підставі Положення про науковий гурток «Механічна інженерія в транспортних технологіях» Херсонської державної морської академії (далі науковий гурток) і встановлює вимоги до організації та діяльності наукової роботи здобувачів вищої освіти Херсонської державної морської академії на кафедрі транспортних технологій і судноремонту та її дослідницької інфраструктури.

Вимоги цього Положення обов'язкові для виконання працівниками всіх відділів, служб та підрозділів ХДМА. Це Положення є внутрішнім нормативним документом ХДМА.

Упродовж значного періоду роботи в Херсонській державній морській академії автори в ініціативному порядку факультативно читають курс *поглибленого вивчення проблем міцності при експлуатації та будівництві суден і суднових машин*. Найбільш захоплені здобувачі вищої освіти об'єдналися в СКБ та надають реальну допомогу в роботі науково-дослідницької лабораторії *Полімерні композитні матеріали в суднобудуванні* й самі отримують допомогу її співробітників у реалізації своїх творчих задумів. Вони також представляють ХДМА на внутрішніх та інших конкурсах.

Науково-дослідна робота студентів (далі – НДРС) ведеться в таких основних формах:

– факультативні заняття в групі поглибленого вивчення проблем міцності при експлуатації і будівництві суден та суднових машин;

– дослідно-конструкторська робота в СКБ;

– індивідуальна підготовка робіт на студентські конференції та конкурси;

– спільна з викладачами й співробітниками підготовка методик розрахунків, засобів вимірювання, заявок на передбачувані винаходи, публікації в наукових журналах;

– участь у роботі за угодами про творчу співпрацю з підприємствами та організаціями: ДП «Херсонстандартметрологія», Херсонською ГБС НАНУ, ІБ «Корвет», ПСП «Марина груп» та ін. ;

– участь у кафедральній НДР «Розробка методів і засобів вимірювань для забезпечення НДР зі створення композитних матеріалів для суднобудування з підвищеними експлуатаційними характеристиками».

НДР гуртка та СКБ останніми роками частково відображена в спільних публікаціях з викладачами, співробітниками, аспірантами й стажерами, а також матеріалах всеукраїнських студентських конференцій та конкурсів НДРС [5–15].

Проблеми залучення здобувачів вищої освіти до науково-дослідної роботи. Гострою проблемою є тенденція до постійного зниження в абітурієнтів рівня шкільної підготовки, що становить значну проблему для викладача під час залучення здобувачів вищої освіти до НДРС. Зокрема, короткий семестровий курс «Прикладна механіка» (основи опору матеріалів, елементи теорії механізмів і машин та деталі машин) викладачів кафедри обмежує можливості підтримання тривалих контактів і не сприяє ефективності освітнього процесу.

Однак щорічно 2–3 здобувачі вищої освіти першого курсу навчання, яким читають курси прикладної та технічної механіки, можуть бути схильними до наукової роботи.

Добір тематики НДРС. З 2006 року й дотепер наукові керівники гуртка та його члени склали великий перелік перспективних тем для науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт. Тематика постійно поповнюється та пропонується здобувачам вищої освіти в процесі їх залучення до роботи гуртка.

Особливий інтерес становлять питання, що спонтанно виникають у процесі лекційних, лабораторних і практичних занять.

Два приклади вирішення таких питань, що виникли в здобувачів вищої освіти в процесі виконання однієї з лабораторних робіт і на практичному занятті, наведено нижче.

Приклади застосування НДРС у дослідно-експериментальних розробках лабораторного практикуму і практичних занять.

Приклад 1.

У процесі виконання лабораторної роботи № 3 під керівництвом одного з авторів у здобувачів вищої освіти, що вимірювали поздовжню деформацію дротяного зразка, виникала проблема, зумовлена паразитними коливаннями вантажу у вертикальній площині та крутильними коливаннями відносно його осі [5]. Викладач допоміг виконати вимірювання на наявному стенді (рис. 1) та звернув увагу учнів на бажані зміни його конструкції, а також можливість використання крутильних коливань для визначення квазістатичного модуля зсуву матеріалу зразка, а також запропонував дослідно-конструкторську розробку вдосконаленого стенду та методики вимірювань.

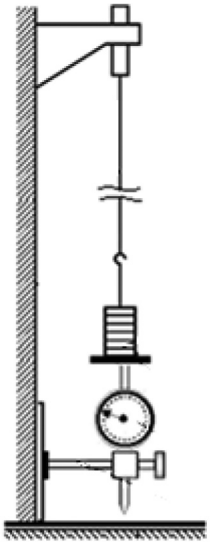


Рис. 1. Стенд для вимірювання поздовжньої деформації

Ця пропозиція була підтримана. У результаті до гурткової роботи залучено нових членів, створено тимчасовий творчий колектив, який розробив і запатентував новий спосіб визначення механічних констант матеріалу дротяних зразків.

Нижче викладено короткий зміст розробки.

Виконана НДРС належить до способів дослідження міцнісних властивостей твердих матеріалів шляхом застосування до них механічних зусиль, конкретно до випробувань на розтяг і кручення зразків матеріалів, жорсткості яких відносно цих деформацій відносно малі (дріт, тонкі смуги, зразки з еластичних матеріалів та ін.).

Відомий метод випробування металів на розтяг за ДСТУ 6892-84 не поширюється на випробування дроту та близький до нього метод випробування дроту з металів і сплавів.

В обох випадках закріплений у випробувальній машині зразок попередньо навантажується зусиллям, відповідним 5–10 % межі пропорційності, його вісь вирівнюється, після чого подальше навантаження ведеться в умовах центрального розтягування, реєструються зусилля й відповідні їм деформації бази зразка, розраховуються характеристики жорсткості (модуль Юнга – E), міцності та пластичності матеріалу.

Модуль зсуву G також може бути визначено за ДСТУ 3565-80 випробуванням на кручення зразків з робочою частиною у вигляді кругових циліндрів і труб. Такі випробування потребують виготовлення партії відповідних зразків та додаткового обладнання – машини для випробувань на крутіння.

Визначивши модуль Юнга E і модуль зсуву G ізотропного матеріалу, коефіцієнт Пуассона v знаходять із виразу, що зв'язує ці три константи [6], незалежними з яких є будь-які дві:

$$G = E/[2(1 + v)]. \qquad (1)$$

Механічні випробування композиційних матеріалів на розтяг за ДСТУ 25. 601-80 регламентують методи визначення модуля Юнга E і коефіцієнта Пуассона v, а отже, модуля зсуву G за формулою (1). Для визначення коефіцієнта Пуассона v потрібно з обох сторін плоского зразка встановити механічні або, що технологічно переважно, електричні датчики деформацій вздовж і впоперек його осі. Установка електричних датчиків опору вимагає попередньої підготовки поверхонь, дотримання технології наклейки й термообробки, а отже, веде до значного збільшення трудомісткості випробувань. Спосіб неможливо застосувати до зразків матеріалу з малими розмірами поперечного перерізу (дріт, вузькі смуги та ін.).

Метою розробки є розв'язання технічної задачі визначення механічних констант матеріалу зразків із відносно малими розмірами поперечного перерізу (дріт, вузькі смуги та ін.), жорсткості яких на розтягнення й крутіння також малі.

Для досягнення поставленої мети члени гуртка, залучені до цієї теми, запропонували спосіб визначення механічних констант ізотропних

матеріалів, що передбачає розтягнення навантаженням, спрямованим уздовж осі зразка й вимірювання деформацій, яке відрізняється тим, що зразок підвішується вертикально одним кінцем за нерухому жорстку опору, а на інший вільний кінець послідовно кріплять вантажі з відомими масами й моментами інерції цих мас відносно осі зразка, вимірюються поздовжні деформації та періоди власних крутильних коливань мас, розраховуються модулі Юнга, зсуву й коефіцієнт Пуассона.

Поставлена технічна задача розв'язується в такій послідовності:

1. Довжина зразка l з відносно малими розмірами поперечного перерізу вибирається така, щоб його жорсткості на розтяг і кручення були досить малі. Для цього необхідно, щоб поздовжнє навантаження, що не перевищує відповідну межі пропорційності, викликало абсолютну поздовжню деформацію, яку з прийнятною точністю реєструє датчик переміщень.

2. Зразок *1* (рис. 2), закріплюють вертикально верхнім кінцем у жорсткій опорі *2*, що фіксує його у відношенні обертальних і поздовжніх переміщень, а до другого кінця за допомогою захоплення *3* кріплять платформу *4* з відомими масою m_0 і моментом інерції I_0 цієї маси щодо поздовжньої осі зразка *0X*.

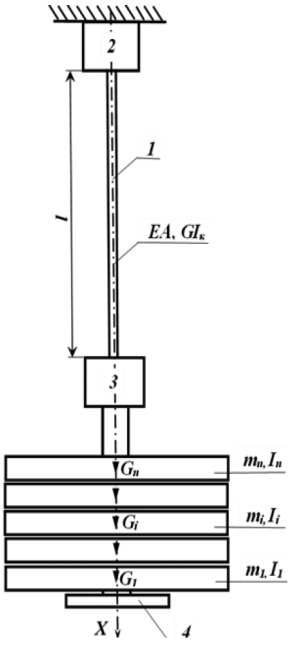


Рис. 2. Запропонований спосіб визначення механічних констант ізотропних матеріалів

3. На платформу *3* вкладають вантаж G_1 з відомими масою m_1 та моментом інерції I_1 відносно осі зразка (попереднє навантаження для вирівнювання осі) і реєструють показання датчика переміщень u_1.

4. Виконується ряд $i = 2, 3, \ldots, n$ послідовних навантажень вантажами G_i з відомими масами m_i і моментами інерції I_i відносно осі зразка *0X* і реєструються показання датчика переміщень u_i.

За отриманими даними визначають січні модулі поздовжньої пружності (Юнга) на кожній ділянці навантаження

$$E_i = \Delta\sigma_i / \Delta\varepsilon_i, \qquad (2)$$

де $\Delta\sigma_i = G_i/A$, $\Delta\varepsilon_i = (u_{i+1} - u_i)/l$, A – площа поперечного перерізу зразка.

5. За будь-якого варіанта навантаження платформи 4 вантажами G_i збуджують малі доступні для безпосереднього спостереження крутильні коливання сумарної маси m_S (враховується і платформа) із сумарним відносно осі зразка *0X* моментом інерції I_S і реєструють період цих коливань T_S.

Для збудження крутильних коливань зручно використовувати спеціальний пристрій для разових поворотів осі жорсткої опори *2* на малий кут за час істотно менший періоду власних коливань T_S.

Оскільки момент інерції маси зразка малий порівняно з моментом інерції маси вантажу, то період власних крутильних коливань T_S у системі з одним ступенем свободи [6]:

$$T_S = 2\pi\sqrt{\frac{I_S}{c}}, \qquad (3),$$

звідки жорсткість зразка на кручення $c = 4\pi^2 I_S / T_S^2$ (3)

З іншого боку, для зразка у вигляді призматичного стержня або циліндра

$$C = GI_K / l, \qquad (4),$$

де I_K – геометрична характеристика поперечного перерізу зразка розмірністю (*од. довжини*)^4, зокрема, для круглого й у формі кругового кільця перетинів:

$$I_K = \frac{\pi D^4}{32}\left[1 - \left(\frac{d}{D}\right)^4\right]. \qquad (5)$$

Тут D і d відповідно зовнішній і внутрішній діаметри кільця для кола $d = 0$. Для інших форм поперечних перерізів I_K визначається методами теорії пружності й ряд відповідних рішень наводиться в довідковій літературі.

Порівнюючи (3) і (4), отримуємо вираз для визначення модуля зсуву:

$$G = \left(\frac{2\pi}{T_S}\right)^2 \frac{I_S}{I_к} l. \qquad (6)$$

Виконавши вимірювання відповідно до пунктів 4 і 5, за одну установку зразка в пристрій (рис. 2) за формулами (2) і (5) обчислюють модуль Юнга E і модуль зсуву G, після чого з формули (1) визначають коефіцієнт Пуассона v:

$$v = 0{,}5E / G - 1. \qquad (7)$$

Технічні результати, яких досягають від використання запропонованого способу визначення механічних констант ізотропних матеріалів:

– спосіб не вимагає застосування складного, дорогого обладнання та приладів і може бути використаний у неоснащених спеціальним обладнанням лабораторіях, наприклад навчальних;

– виконання вимірювань здійснюється за одну установку зразка.

Так, порівняно з відомими рішеннями, пропонований спосіб визначення механічних констант ізотропних матеріалів має суттєві відмінності, а отримання позитивного ефекту зумовлено всією сукупністю способів навантаження зразка й вимірювань.

Останнє дало змогу подати заявку та отримати патенту на корисну модель [11].

Розробка впроваджена в освітній процес під час проведення здобувачами вищої освіти досліджень у лабораторії прикладної механіки кафедри транспортних технологій і суднoремонту ХДМА з грудня 2020 року.

Приклад 2.

На практичному занятті, де розглядалися схеми стропування вантажів, викладач звернув увагу учнів на можливість їх пошкодження пластичними деформаціями та повідомив про приклади таких пошкоджень довгомірної арматури при вантажно-розвантажувальних роботах на верфі залізобетонного суднобудування «Паллада» м. Херсон, а також недостатню розробленість цих питань у галузевій літературі. Як і в попередньому прикладі, було сформульовано тему дослідження та створено тимчасовий творчий колектив.

Нижче коротко викладено зміст розробки.

Розробка належить до технології вантажно-розвантажувальних робіт, а саме до способів стропування довгомірних призматичних виробів і пакетів з них.

Вантажно-розвантажувальні роботи завжди пов’язані з ризиком пошкодження вантажів, що транспортуються. Для довгомірного прокату (лист, арматура, труби, прокатний профіль) це залишкові пластичні деформації, отримані в результаті неправильного стропування (обв’язування, кріплення й підвішування вантажу до гака вантажопідйомної машини за допомогою стропів, виготовлених із канатів, ланцюгів та інших матеріалів).

Окремі вироби, що входять до переміщуваного пакета, згинаються незалежно один від одного через відсутність між ними дотичних напружень (силами тертя можна знехтувати).

Відповідно до ДСТУ 33715-2015 пункт 6. 5 для проведення вантажно-розвантажувальних робіт повинні бути розроблені схеми стропування вантажів залежно від їх виду, маси, форми.

Відомий спосіб стропування, ланкою з двома гнучкими гілками в перетинах, віддалених від кінців пакета на ¼ його загальної довжини [17]. Цей спосіб оптимальний у разі вертикальних гілок стропування, але не враховує поздовжньо-поперечного згину прольотної частини стрижнів пакета при значних кутах між гілками стропів й обмежень на довжину виробів через можливі пластичні деформації в перетинах стропування і в середині прольоту між ними, що вимагає строповки в додатковому перетині [15].

При вантажно-розвантажувальних роботах довжину строп вибирають з огляду на те, що за малої довжини кут між гілками буде більш ніж 90° і в гілках стропів виникнуть великі зусилля, горизонтальні складники яких спровокують додатковий поздовжній вигин у прольоті, а за великої довжини втрачається висота підйому вантажу й виникає можливість його крутіння. Рекомендовані кути між гілками стропів перебувають у межах 60–90° [16; 17].

Обмеження по висоті підйому вантажу можуть бути значною мірою виключені при використанні вантажопідйомних траверс балочної або рамної конструкції. При цьому відсутні рекомендації щодо раціонального (оптимального) розміщення гілок строп вздовж виробу.

Під оптимальним розташуванням стропів будемо розуміти таке, за якого найбільші по модулю згинальні моменти в перетинах стропування і прольотах між ними рівні.

Відомий також строп М. М. Леухіна [18], який складається з ланки і трьох захоплень, з’єднаних з ланкою трьома гнучкими гілками, причому довжина двох гілок «*c*» залежить від довжини пакета з довгомірних гнучких вантажів «*b*» і довжини третьої гілки «*a*» і виражається такою

залежністю: $c \geq \frac{1}{2}\sqrt{b^2+4a^2}$, , завдяки чому досягається більш висока надійність вантажно-розвантажувальних робіт із довгомірними гнучкими вантажами. Такий строп обмежує висоту підйому, викликає поздовжній вигин прольотів виробів по обидві сторони від центральної вертикальної гілки «*a*», залишає невизначеними перетини, у яких кріпляться похилі гілки, і загалом не задовольняє наведеного вище критерія оптимальності.

Поставлена технічна задача оптимізації стропування довгомірних призматичних виробів і пакетів з них (вирівнювання найбільших по модулю згинальних моментів у перетинах стропування і прольотах між ними з мінімальними обмеженнями висоти підйому) передбачає підвіску на траверсі в трьох вертикальних площинах.

На рис. 3 зображено схему симетричного стропування виробу *1* на траверсі *2*, яка відповідно навішується на гак вантажопідйомної машини *3*. Гілки крайніх строп *4* розташовані у вертикальній площині на відстані αl від кінців виробу, довжина якого *l*. Довжина гілок середнього захоплення *5* забезпечує провисання середнього перетину виробу відносно крайніх на величину *w*, схематичне зображення вигнутої осі виробу *6*.

Рішення задачі про вирівнювання згинальних моментів у призматичній балці в крайніх перетинах підвіски M_1, M_3 і центрах прольотів між ними M_2 (епюра згинальних моментів 7) дає:

$$\propto = \sqrt{\frac{2}{49}} - \frac{1}{14} \cong 0{,}1306;$$

$$w = \frac{(0{,}5-\propto)^4}{96}\frac{ql^4}{EI} = 1{,}940 \cdot 10^{-4}\frac{ql^4}{EI},$$

$$-M_1 = M_2 = -M_3 = 8{,}528 \cdot 10^{-03} ql^2, \qquad (7)$$

де *q* – погонна вага виробу, *EI* – його згинальна жорсткість.

Технічні результати, які досягаються від використання запропонованого способу стропування довгомірних призматичних виробів і пакетів з них:

– забезпечується рівність найбільших по модулю згинальних моментів у перетинах стропування і прольотах між ними;

– мінімальне обмеження висоти підйому;

– гілки стропів менше навантажені й можуть бути полегшені.

Так, порівняно з відомими рішеннями запропонований спосіб стропування довгомірних призматичних виробів і пакетів з них має суттєві відмінності, а отримання позитивного ефекту зумовлене сукупністю способів розташування перетинів підвіски й регулювання довжини гілок строп. Розробка захищена патентом на корисну модель [13].

Гурткова робота студентів та розвиток компетенцій у галузі комп'ютерної графіки та програмування обчислювальних алгоритмів. Розробки, що виконуються в процесі НДРС, тісно пов'язані з процесами конструювання та розрахунків. Конструювання забезпечує створення матеріального образу об'єкта, що розробляється, йому властива робота з натурними моделями та їх графічними зображеннями (креслення, ескізи, комп'ютерні моделі).

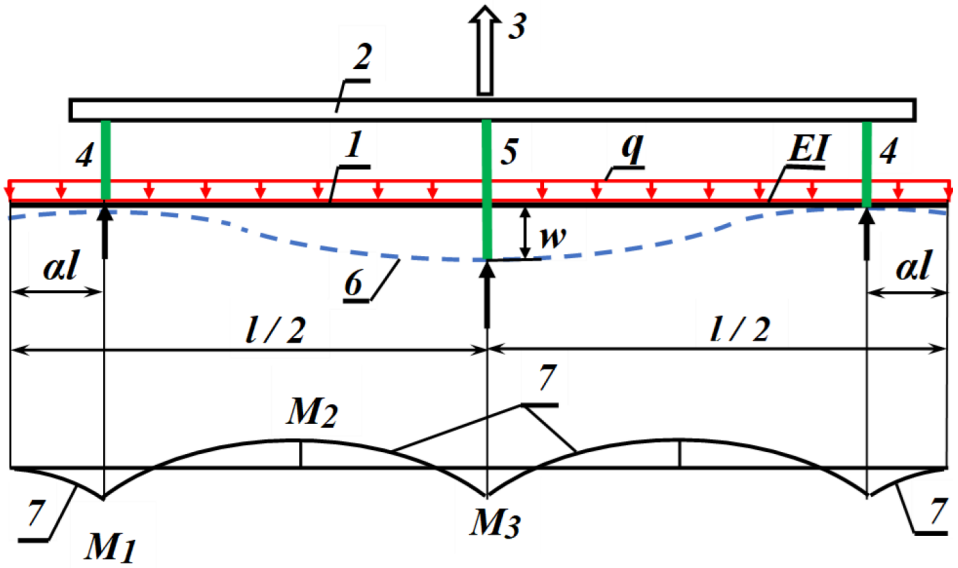


Рис. 3. Схема симетричного стропування виробу на траверсі

Комп'ютерна графіка – основа графічної підготовки здобувачів вищої освіти і є однією з найбільш затребуваних інформаційних технологій. Призначена для створення та обробки різних зображень за допомогою апаратних та програмних засобів комп'ютера, які сприяють математичному та геометричному моделюванню об'єктів, а також методам візуалізації цих процесів, представлених у вигляді проєкцій, зображень, малюнків, креслень, схем, діаграм, графіків, відеороликів, слайдів тощо, та більш доступні для сприйняття. Як випливає з досліджень, які підтверджують припущення, що запам'ятовування візуальної інформації відбувається ефективніше під час використання графічного візуального матеріалу, ілюстрації у вигляді візуальних процесів сприяють інтуїтивному уявленню студентів-дослідників та спонукають їх до творчого пошуку.

Сфери застосування комп'ютерної графіки дуже різноманітні. У всіх напрямах використовують оброблену комп'ютерну інформацію у вигляді схем, графіків, діаграм та інших матеріалів. Сучасні конструкторські технології розробки нових технічних рішень спираються на тривимірне віртуальне моделювання. Проєктанти розробляють проєкти в комп'ютерному варіанті, що допомагає їм наочно уявити вид виробу, що виготовляється, та дає змогу здійснити ескізний пошук форми швидше, ніж у ручному режимі, виконувати художньо-конструкторський аналіз якості розробки, а також надати замовнику різні варіанти форми і складників деталей наочно.

Комп'ютерна інженерна графіка може використовуватись у таких напрямах:

– наукова графіка для обробки та представлення результатів експериментів, побудови зображень абстрактних об'єктів;

– ділова графіка для представлення характеристик роботи установ (графічного подання планових характеристик ремонту суднового обладнання та планування ремонту судна, звітної документації, статистичних зведень, презентацій та ін.).

Попередні кількісні оцінки й нерідко громіздкі технічні розрахунки, що супроводжують пошук конструктивних форм зразків нової техніки, підштовхують молодих дослідників до їх механізації, тобто внесення до свого «арсеналу» мов програмування високого рівня.

Реальна творча робота в межах гуртків і СКБ сприяє усвідомленому й прискореному засвоєнню комп'ютерної інженерної графіки та засобів програмування обчислювальних алгоритмів, що забезпечують підготовку здобувачів вищої освіти до виконання навчальних та виробничих завдань.

Висновки. З огляду на те, що система національної освіти має стати безпековим фактором та тригером економічного розвитку України, суттєво зростають вимоги до рівня підготовки здобувачів вищої освіти. Позааудиторна гурткова науково-дослідна робота під керівництвом зацікавлених викладачів має стати одним зі стратегічних складників виховання спеціалістів, які відповідають вимогам часу. При цьому будуть ефективно виконуватися завдання з розробки нових організаційних форм та методів виховання спеціалістів вищої кваліфікації.

Наведені два приклади виконання професійних завдань, що мають значний практичний інтерес, із залученням здобувачів вищої освіти спричинили не тільки отримання патентів та заявок, а й коригування освітнього процесу.

Результатом впровадження цієї розробки є:

– підвищення зацікавленості здобувачів вищої освіти до освітнього процесу;

– покращення успішності здобувачів вищої освіти;

– залучення до наукової та дослідно-конструкторської роботи здобувачів вищої освіти та розвиток у них творчого мислення;

– знайоміть здобувачів вищої освіти з технологіями захисту інтелектуальної власності;

– підвищення якості освітнього процесу;

– розширення можливостей наявного обладнання лабораторії прикладної механіки.

Напрацьовані результати та досвід можуть бути рекомендовані для впровадження в освітній процес природничо-наукових та технічних спеціальностей закладів вищої освіти.

ЛІТЕРАТУРА

1. Клочко В.М. Стратегічні напрями освіти в новому технологічному укладі. *Науковий вісник Ужгородського національного університету : серія: Міжнародні економічні відносини та світове господарство*. 2019. Вип. 25. Ч. 1. С. 112–115.

2. Зінченко А. Характерні риси 6-го технологічного устрою. URL: https://web.archive.org/web/20170609215152/http://www.researchclub.com.ua/jornal/221 (дата звернення: 15. 04. 2024)

3. Щербина А. Ринок талантів: якою буде частка IT у ВВП України. URL: https://mind. ua/openmind/20246322-rinok-talantiv-yakoyu-bude-chastka-it-u-vvp-ukrayini (дата звернення: 15. 04. 2024)

4. Розвиток наноосвіти – один із чинників

забезпечення переходу на шостий технологічний уклад. / О. Д. Стадник, І. О. Мороз, Ю. О. Шкурдода, О. В. Яременко. *Наукові записки Бердянського державного педагогічного університету : збірник наукових праць. Серія: Педагогічні науки*. 2015. Вип. 3. С. 324–330.

5. Алексенко В. Л., Романов Б. В., Сметанкин С. А., Соценко В. В., Юренин К. Ю. Зразок зі знімними головками для випробування матеріалів на розтягування. / Міжнародна науково-технічна конференція MINTT 2019, 28–30 травня 2019 р. Херсон : Херсонська державна морська академія, 2019, С. 323–327.

6. Пристрій для випробування конструкційних матеріалів на розтяг: пат. 141344 Україна: МПК G01N 3/08, G01N 3/10, G01N 3/32. № 2019 07669; заяв. 08.07.2019; опубл. 10.04.2020, Бюл. № 7.

7. Судновий рухомо-рушійний комплекс. Пат. № 139986 Україна: МПК B63H 1/00 (2020. 01) № 2019 03679 заявл. 10.04.2019; опубл. 10.02.2020, Бюл. № 3. Алексенко В. Л., Акімов О. В., Дельгас Д. О., Авраменко А. М.

8. Спосіб випробування на розтягування зразків матеріалів з малою згинальною жорсткістю: пат. № 142724 Україна: МПК G01N 3/00 (2020. 01) № 2019 11947 заявл. 16.12.2019; опубл. 25.06.2020, Бюл. № 12. Алексенко В. Л., Романов Б. В., Сметанкін С. О., Соценко В. В., Фостик П. П., Юренін К. Ю.

9. Затискний пристрій, що самоцентрується, для випробування зразків матеріалів на розтяг: пат. № 143840 Україна: МПК G01N 3/00, G01N 3/08 (2006. 01) № 2020 02002 заявл. 23.03.2020; опубл. 10.08.2020, Бюл. № 15. Алексенко В. Л., Бабій К. А., Букетов А. В., Житник Д. В., Сметанкін С. О., Соценко В. В., Фостик П. П., Юренін К. Ю.

10. Зразок для випробування композитних матеріалів на розтяг: пат. № 144176 Україна: МПК G01N 3/08 (2006. 01) № 2020 01975 заявл. 23.03.2020; опубл. 10. 09. 2020, Бюл. № 17. Алексенко В. Л., Бабій К. А., Богдан А. П., Сметанкін С. О., Соценко В. В., Фостик П. П., Юренін К. Ю.

11. Спосіб визначення механічних констант ізотропних матеріалів: пат. 146799 Україна: МПК (2021. 01) G01N 3/00. № u 2020 07233; заявл. 12. 11. 2020; опубл. 17.03.2021, Бюл. № 11. Алексенко В. Л., Букетова Н. М., Букетов О. А., Таран М. В., Фостик П. П.

12. Алексенко В. Л., Букетов О. А., Коновал И. О., Фостик П. П. Запобігання пошкодженню довгомірного металопрокату при вантажно-розвантажувальних роботах на водному транспорті. / Сучасні інформаційні технології на транспорті MINTT – 2021: збірник матеріалів XIII Міжнародної науково-практичної конференції, 25–27 травня 2021 р. Херсон: Херсонська державна морська академія, 2021. 364 с., с. 205–209.

13. Спосіб стропування довгомірних призматичних виробів і пакетів з них: пат. 150461 Україна: МПК (2006. 01) B66C 1/12. № u 2021 03454; заяв. 17.06.2021; опубл. 23.02.2022, Бюл. № 8. Алексенко В. Л., Бабій К. А., Букетов О. А., Коновал І. О., Фостик П. П, Юренін К. Ю.

14. Чисельний розрахунок напружено-деформованого стану композитних матеріалів з урахуванням фізичної та геометричної нелінійності. ISSN 03702197 Проблеми тертя та зношування, 2022, 3 (96). Алексенко В. Л., Сметанкін С. О., Фостик П. П., Букетов О. А.

15. Вантові конструкції для аварійно-рятувальних робіт. Проблеми сталого розвитку морської галузі: матеріали III міжнародної науково-практичної конференції PSDMI-2023 м. Херсон 22 листопада 2023 року. Алексенко В. Л., Кацалап А. О., Фостик П. П.

16. Моісеєнко Л. Л., Васильченко Г. Ю. Прикладна механіка: Лабораторний практикум. / Навчально-методичний посібник для курсантів денної форми навчання морських закладів освіти за напрямом підготовки: 271 – Річковий та морський транспорт (професійне спрямування: Експлуатація суднових енергетичних установок; Експлуатація суднового електрообладнання і засобів автоматики). Херсон : ХДМА, 2020. 128 с., іл.

17. Справочник по сопротивлению материалов / Писаренко Г. С., Яковлев А. П., Матвеев В. В. ; Отв. ред. Писаренко Г. С – 2-е изд., перераб. и доп. Киев : Наук. думка, 1988. 736 с.

18. Строп Леухіна Н. Н. : пат. RU 2 336 218 C1: МПК B66C 1/12 (2006. 01) № 2007103662/11; заявл. 30.01.2007; опубл. 20.10.2008, Бюл. № 29.

DEVELOPMENT OF COMPETENCES IN NATURAL SCIENCES AND TECHNICAL SPECIALTIES OF HIGHER EDUCATION STUDENTS THROUGH INVOLVEMENT IN GROUP RESEARCH WORK

Viktor Aleksenko
Senior Lecturer at the Department of Transport Technologies and Ship Repair
Kherson State Maritime Academy, 20 Ushakova ave., Odesa, Ukraine, 73000,
aleksenko. vl. 1944@gmail. com
ORCID: 0000-0003-4472-0934

Yulia Tatarintseva
Senior Lecturer at the Department of Transport Technologies and Ship Repair
Kherson State Maritime Academy, 20 Ushakova ave., Odesa, Ukraine, 73000, jylipak@ukr. net
ORCID: 0000-0002-8865-4126

Petro Fostik
Research Intern at the Department of Transport Technologies and Ship Repair
Kherson State Maritime Academy, 20 Ushakova ave., Odesa, Ukraine, 73000,
defold. fp@gmail. com
ORCID: 0009-0000-8418-0827

Kirill Yurenin
Senior Lecturer at the Department of Transport Technologies and Ship Repair
Kherson State Maritime Academy, 20 Ushakova ave., Odesa, Ukraine, 73000,
kirr_87@ukr. net
ORCID: 0000-0003-3687-6023

Gennady Vasilchenko
PhD in Pedagogics, Associate Professor,
Associate Professor at the Department of Transport Technologies and ship repair
Kherson State Maritime Academy, 20 Ushakova ave., Odesa, Ukraine, 73000,
vasilchenkogenadii@gmail. com
ORCID: 0000-0002-8320-4441

The article examines organizational forms and methods of developing the competencies of higher education students in the light of the future stages of the scientific and technological revolution and Ukraine's overcoming of technological lag by leaping directly to the sixth technological order.

The trends that have determined the development of the higher technical education system in Ukraine in recent decades are analyzed and are characterized by the introduction of the Bologna system standards, credit-modular technologies, as well as the reduction of the classroom load in fundamental and special disciplines in favor of highly specialized ones.

The authors consider the circle and other forms of extracurricular research work where the "teacher – scientist" principle is implemented as one of the main directions of educating future specialists in domestic science and technology.

The organization of research work of higher education students at the Department of Transport Technologies and Ship Repair of the Kherson State Maritime Academy and the problems of involving students in research work are studied.

Specific examples of identifying technical problems and ways to solve them by temporary creative teams created from members of the research group in laboratory and practical classes are given. The tasks of improving laboratory work on determining the mechanical properties of structural materials and practical classes on the technology of loading and unloading operations are considered as examples. In the latter case, the criterion for optimal slinging of long prismatic products and packages of them is formulated and calculation formulas are proposed for the case of suspension with two slings in two inclined planes taking into account longitudinal and transverse bending and using a load-lifting traverse in three vertical planes.

The results and experience gained can be recommended for implementation in the organization of the educational process of natural science and technical specialties of higher education institutions.

Key words: technical and applied mechanics, computer graphics, methods of developing competencies, research work, scientific circle, professional education.

REFERENCES

1. Klochko, V. M. (2019). Stratehichni napryamy osvity v novomu tekhnolohichnomu ukladi [Strategic directions of education in the new technological order]. *Naukovyy visnyk Uzhhorods'koho natsional'noho universytetu – Scientific Bulletin of Uzhhorod National University*, 25(1), 112–115. [in Ukrainian].

2. Zinchenko, A. (2012). Kharakterni rysy 6-ho tekhnolohichnoho ustroyu [Characteristic features of the 6th technological device]. Retrieved from: https://web.archive.org/web/20170609215152/http://www.researchclub.com.ua/jornal/221 (data zvernennya: 04/15/2024)

3. Shcherbina, A. (2022). Rynok talantiv: yakoyu bude chastka IT u VVP Ukrayiny [Talent market: what will be the share of IT in Ukraine's GDP]. Retrieved from: https://mind.ua/openmind/20246322-rinok-talantiv-yakoyu-bude-chastka-it-u-vvp-ukrayini (data zvernennya: 04/15/2024)

4. Stadnik, O. D., Moroz, I. O., Shkurdoda, Yu. O., & Yaremenko, O. V. (2015). Rozvytok nanoosvity – odyn iz chynnykiv zabezpechennya perekhodu na shostyy tekhnolohichnyy uklad [The development of nanoeducation is one of the factors ensuring the transition to the sixth technological order]. *Naukovi zapysky Berdyans'koho derzhavnoho pedahohichnoho universytetu – Scientific notes of the Berdyansk State Pedagogical University*, 3, 324–330. [in Ukrainian].

5. Aleksenko, V. L., Romanov, B. V., Smetankin, S. A., Sotsenko, V. V., & Yurenin, K. Yu. (2019). Zrazok zi znimnymy holovkamy dlya vyprobuvannya materialiv na roztyahuvannya [Specimen with removable heads for tensile testing of

materials]. *Mizhnarodna naukovo-tekhnichna konferentsiya MINTT – International Scientific and Technical Conference MINTT*, 323–327. [in Ukrainian].

6. Prystriy dlya vyprobuvannya konstruktsiynykh materialiv na roztyah [Tensile testing device for structural materials]: pat. 141344 Ukraine: MPK G01N 3/08, G01N 3/10, G01N 3/32. № 2019 07669; zayav. 08.07.2019; opubl. 10.04.2020, Byul. № 7.

7. Sudnovyy rukhomo-rushiynyy kompleks [Ship propulsion complex]: pat. No. 139986 Ukraine: MPK B63H 1/00 (2020. 01) No. 2019 03679 appl. 10.04.2019; publ. 10.02.2020, Bull. No. 3.

8. Sposib vyprobuvannya na roztyahuvannya zrazkiv materialiv z maloyu z·hynal′noyu zhorstkistyu [Tensile test method for samples of materials with low bending stiffness]: pat. No. 142724 Ukraine: MPK G01N 3/00 (2020. 01) No. 2019 11947 appl. 16.12.2019; publ. 25.06.2020, Bull. No. 12.

9. Zatysknyy prystriy, shcho samotsentruyet′sya, dlya vyprobuvannya zrazkiv materialiv na roztyah [Self-centering clamping device for tensile testing of material samples]: pat. No. 143840 Ukraine: MPK G01N 3/00, G01N 3/08 (2006. 01) No. 2020 02002 appl. 23.03.2020; publ. 10.08.2020, Bull. No. 15.

10. Zrazok dlya vyprobuvannya kompozytnykh materialiv na roztyah [Sample for tensile testing of composite materials]: pat. No. 144176 Ukraine: MPK G01N 3/08 (2006. 01) No. 2020 01975 appl. 23.03.2020; publ. 10.09.2020, Bull. No. 17.

11. Sposib vyznachennya mekhanichnykh konstant izotropnykh materialiv [Method for determining mechanical constants of isotropic materials]: pat. 146799 Ukraine: IPC (2021. 01) G01N 3/00. No. u 2020 07233; appl. 12.11.2020; publ. 17.03.2021, Bull. No. 11.

12. Aleksenko, V.L., Buketov, O.A., Konoval, I.O., & Fostik, P.P. (2021). Zapobihannya poshkodzhennyu dovhomirnoho metaloprokatu pry vantazhno-rozvanta-zhuval′nykh robotakh na vodnomu transporti [Prevention of damage to long-length rolled metal during loading and unloading operations on water transport]. *Suchasni informatsiyni tekhnolohiyi na transporti MINTT – Modern information technologies in transport MINTT*, 205–209. [in Ukrainian].

13. Sposib stropuvannya dovhomirnykh pryzmatychnykh vyrobiv i paketiv z nykh [Method of slinging long prismatic products and packages thereof]: pat. 150461 Ukraine: MPK (2006. 01) B66C 1/12. No. u 2021 03454; appl. 06/17/2021; publ. 02/23/2022, Bull. No. 8.

14. Aleksenko, V.L., Smetankin, S.O., Fostik, P.P., & Buketov, O.A. (2022). Chyselnyy rozrakhunok napruzheno-deformovanoho stanu kompozytnykh materialiv z urakhuvannyam fizychnoyi ta heometrychnoyi neliniynosti [Numerical calculation of the stress-strain state of composite materials taking into account physical and geometric nonlinearity]. *Friction and wear problems – Problems of friction and wear*, 3(96), 99–109. [in Ukrainian].

15. Aleksenko, V.L., Katsalap, A.O., & Fostik, P.P. (2023) Vantovi konstruktsiyi dlya avariyno-ryatuval′nykh robit [Cable structures for emergency and rescue operations]. *Problemy staloho rozvytku mors'koyi haluzi – Problems of sustainable development of the maritime industry*, 26–28. [in Ukrainian].

16. Moiseenko, L.L., & Vasylchenko, G.Yu. (2020) Prykladna mekhanika: Laboratornyy praktykum [Applied Mechanics: Laboratory Workshop]. *Khersonska derzhavna morska akademiya – Kherson State Maritime Academy*, 128. [in Ukrainian].

17. Pisarenko, G.S., Yakovlev, A.P., & Matveev, V.IN. (1988). Spravochnik po soprotivleniyu materialov [Spravochnik po soprotivleniyu materialov]. Naukova dumka, 736. [in Ukrainian].

18. Strop Leukhina H.H. [Strop Leukhina N.N.]: пат. RU 2 336 218 C1: IPC B66C 1/12 (2006. 01) No. 2007103662/11; statement 30. 01. 2007; published 20. 10. 2008, Bull. No. 29.

Стаття надійшла 24. 01. 2025