

УДК 377.36.016:674

ORCID 0000-0002-4851-0523

DOI: <https://doi.org/10.33989/2519-8254.2019.5.201343>

ПРОБЛЕМНИЙ ПІДХІД ПРИ ВИКЛАДАННІ КУРСУ «ПРОЕКТУВАННЯ ДЕРЕВООБРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ» ДЛЯ МАЙБУТНІХ ФАХІВЦІВ ПРОФЕСІЙНОЇ ОСВІТИ

Володимир Кондель

Розглядається проблемний підхід при викладанні курсу «Проектування деревообробних підприємств» для майбутніх фахівців професійної освіти на прикладах дослідження конструкцій та їх елементів, які працюють на згинання. Метою викладання дисципліни є формування у студентів знань та вмінь з питань проектування підприємств з урахуванням раціонального і комплексного використання лісосировинних ресурсів, поліпшення якості продукції, підвищення продуктивності праці на основі принципів безпеки та екологічності виробництва.

Найважливішим завданням капітального будівництва та сучасного машинобудування є економія матеріалів; одним з основних напрямків вирішення завдання є вибір раціональних форм поперечного перерізу балок та оптимальне розташування опор з умов міцності та жорсткості, що дозволить суттєво зменшити витрати на виготовлення конструкцій деревообробних підприємств. Автором розглянуто парадокс Емерсона, коли міцність балок на згинання збільшується при зменшенні їх площі поперечного перерізу; вирішено завдання Парана щодо раціонального розпилювання колоди для одержання брусів прямокутного перерізу з найбільшою міцністю і жорсткістю; запропоновано оптимальне розташування опор з умов міцності та жорсткості. За умовою міцності зменшити максимальні нормальні напруження можна двома способами: зменшенням згинального моменту (за рахунок оптимального розташування опор) або збільшенням осьового моменту опору (за рахунок раціональної форми поперечного перерізу балки). Оптимальне розташування опор дозволяє зменшити згинальний момент для двоконсольної балки майже у шість разів, а для одноконсольної – майже втричі у порівнянні зі звичайною безконсольною балкою. За умовою жорсткості оптимальна довжина консолей дозволяє зменшити найбільший прогин двоконсольної балки майже у 14 разів у порівнянні з безконсольною балкою з рівномірно розподіленим навантаженням на всій довжині.

Крім проектування раціональних форм поперечного перерізу та оптимального розташування опор балок, економія матеріалів досягається іншими способами, а саме: застосуванням балок із змінним на їх довжині поперечним перерізом; створенням заздалегідь визначеного зміщення опор нерозрізної балки для перетворення її у рівномоментну; використанням шарнірів у статично невизначених балках, які перетворюють їх у статично визначені та рівномоментні; попереднім поворотом жорстко защемлених опорних перерізів на заданий кут.

Ключові слова: *проблемний підхід, фахівець професійної освіти, проектування деревообробних підприємств, раціональні перерізи балок, оптимальне розташування опор.*

Постановка проблеми. Найважливішим завданням вищої школи з підготовки висококваліфікованого фахівця професійної освіти є формування всебічно розвиненої особистості, добре підготовленої до трудової діяльності в умовах сучасного високотехнологічного

© В. Кондель, 2019

середовища. Основними напрямками виконання цього завдання є особистісна орієнтація і постійне підвищення якості освіти, оновлення її змісту та форм організації навчально-виховного процесу; органічне поєднання освіти і науки, інформаційних технологій, освітніх інновацій (Тимошенко, Оніщенко, Грехов, & Палеха, 2004; Кондель, 2008, 2011), над якими працюють викладачі факультету технологій та дизайну Полтавського національного педагогічного університету імені В. Г. Короленка.

Серед усіх предметів, які опановують майбутні фахівці професійної освіти, особливе місце займають загальноінженерні дисципліни, а саме – «Креслення», «Технічна механіка», «Гідравліка та теплотехніка» та інші. Ці дисципліни вважаються найважчими на факультеті, але саме вони закладають фундамент, на якому будується високий професіоналізм майбутнього фахівця, здатного комплексно використовувати свої знання в професійній діяльності, вміло проводити порівняльний аналіз та узагальнення. Важливу роль у навчальному процесі відіграють міжпредметні зв'язки, суть яких полягає в тому, що для освоєння матеріалу з одного предмету необхідні ґрунтовні знання з інших. Так, наприклад, дисципліни технічного циклу є основою для проектування та виготовлення моделей, а опанування курсу «Проектування деревообробних підприємств» неможливе без якісних знань про властивості матеріалів, технологічне обладнання галузі та дію сил під час експлуатації конструкцій будівель та споруд, машин та механізмів, які студенти отримують на заняттях з технічної механіки (Кондель, 2007). Враховуючи значення вказаних вище предметів, зокрема курсу, «Проектування деревообробних підприємств», для професійної підготовки фахівця професійної освіти, розглянемо проблемний підхід як один із найбільш дієвих важелів удосконалення методики викладання дисципліни на прикладах дослідження конструкцій та їх елементів, які працюють на згинання.

Аналіз джерел і публікацій. У свій час академік Д. О. Тхоржевський розробив основні положення щодо методики професійного навчання, які є актуальними і нині. Зокрема, майбутній фахівець повинен добре засвоїти зміст, ідеї та принципи побудови навчальних програм та посібників; чітко уявляти характер і зміст роботи щодо організації, планування і матеріального забезпечення навчання; вміти готуватися до теоретичних і практичних занять, правильно складати і проводити ці заняття у виробничих умовах; організовувати й проводити позакласну роботу учнів, а також факультативні заняття; правильно здійснювати зв'язок теоретичних і практичних занять з техніки; поєднувати навчання і виховання учнів у процесі проведення занять (Тхоржевський, 2000). Для підготовки такого висококваліфікованого фахівця, який буде добрим прикладом для своїх вихованців, необхідно забезпечити виконання певних вимог при викладанні технічних предметів, а саме: достовірність змісту, подання матеріалу в логічно виправданій послідовності, чіткість і доказовість, емоційність викладання розділів дисципліни, культура мови вчителя та її доступність для розуміння учнями (Тхоржевський, 1980).

Дисципліну «Проектування деревообробних підприємств» викладають студентам факультету технологій та дизайну Полтавського національного педагогічного університету імені В. Г. Короленка за напрямом підготовки бакалавра 6.010104 «Професійна освіта (Деревообробка)» після вивчення ними курсів загальноінженерних дисциплін, а саме, «Креслення», «Технічна механіка», «Гідравліка та теплотехніка», а також спеціальних дисциплін: «Матеріалознавство», «Технологічне обладнання галузі», «Професійна та практична підготовка», коли майбутні фахівці мають достатнє уявлення щодо майбутньої професійної діяльності. Це забезпечує можливість викладання дисципліни з урахуванням професійної орієнтації студентів. Набуті вміння і навички після вивчення предмету стануть у нагоді студентам під час подальшої їх роботи у професійній діяльності. Навчальний процес передбачає вивчення

методологічних та організаційних основ проектування виробничих будівель, основ проектування технологічних процесів при виробництві, складу та обсягу проектних робіт, методики їх проведення, складу основної проектно-нормативної документації (Кондель, 2018).

Як відомо, проектування виробничих будівель, машин та механізмів, які використовуються в деревообробній промисловості, неможливе без відповідних знань щодо їх роботи в процесі експлуатації. Переважна більшість конструкцій промислових будівель та споруд, елементів машин та механізмів працюють на згинання (їх ще називають балками): осі залізничних вагонів, листові ресори, зубці шестерні та коліс в прямозубих, косозубих та шевронних передачах, спиці шківів, балки міжповерхових перекриттів та мостів, важелі та багато інших деталей та елементів (Писаренко, 1993). Ці питання розглядаються при вивченні курсу «Проектування деревообробних підприємств», метою опанування якого є формування у студентів знань та вмінь з питань проектування підприємств з урахуванням раціонального і комплексного використання лісосировинних ресурсів, поліпшення якості продукції, підвищення продуктивності праці на основі принципів безпечності та екологічності виробництва (Кондель, 2018).

Найважливішим завданням капітального будівництва та сучасного машинобудування є економія матеріалів. І одним з основних напрямків вирішення даного завдання є вибір раціональних форм поперечного перерізу балок (Писаренко, 1993), тому розглядаючи аспекти теорії згинання, слід на заняттях створити атмосферу творчого пошуку, запроваджуючи в навчальний процес елементи проблемної ситуації.

Вивчаючи питання теорії згинання, повторюємо тему «Геометричні характеристики плоских перерізів», зокрема, такі поняття, як осьовий момент інерції і осьовий момент опору W_x , які відіграють вирішальну роль при розрахунках балок на їх жорсткість і міцність, причому

$$W_x = \frac{I_x}{y_{\max}}, \quad (1)$$

де y_{\max} – відстань від нейтральної осі до найбільш віддаленої точки перерізу.

Важливо зазначити, що не завжди міцність на згинання може бути підвищена при збільшенні розмірів перерізу. У деяких випадках (Кондель, 2008; Перетяцько, 1985) переріз може бути зменшений, а міцність згинання при цьому збільшиться. Це явище називається парадоксом Емерсона. Це той випадок, коли найбільш віддалені від нейтральної осі ділянки перерізів мають невелику ширину у верхніх зрізаних частинах (наприклад, квадрат, встановлений на ребро, круг, трикутник, хрестоподібний переріз тощо).

Цей парадокс пояснюється тим, що при зрізанні периферійних ділянок відстань від центральної осі перерізу до крайніх волокон y_{\max} , яка стоїть у знаменнику, зменшується швидше, ніж осьовий момент інерції I_x , який знаходиться у чисельнику рівняння (1).

Вивчаючи парадокс Емерсона для квадратного перерізу, встановленого на ребро, маємо збільшення осьового моменту опору балки W_x на 5,4% у випадку зрізання верхнього та нижнього кутів перерізу на $1/9$ сторони квадрата a (Кондель, 2008; Перетяцько, 1985).

Метою статті є аналіз способів проектування оптимальних поперечних перерізів дерев'яних балок з найбільшою міцністю і жорсткістю при згинанні, а також раціональне розташування опор, що дозволить суттєво зменшити витрати на виготовлення конструкцій деревообробних підприємств.

Виклад основного матеріалу. Розглянемо завдання з деревообробки: як треба розпиляти колоду, щоб одержати брус прямокутного перерізу (рис. 1, а) з найбільшою міцністю при згинанні ((Кондель, 2011; Перетяцько, 1985). Це завдання називається задачею Парана.

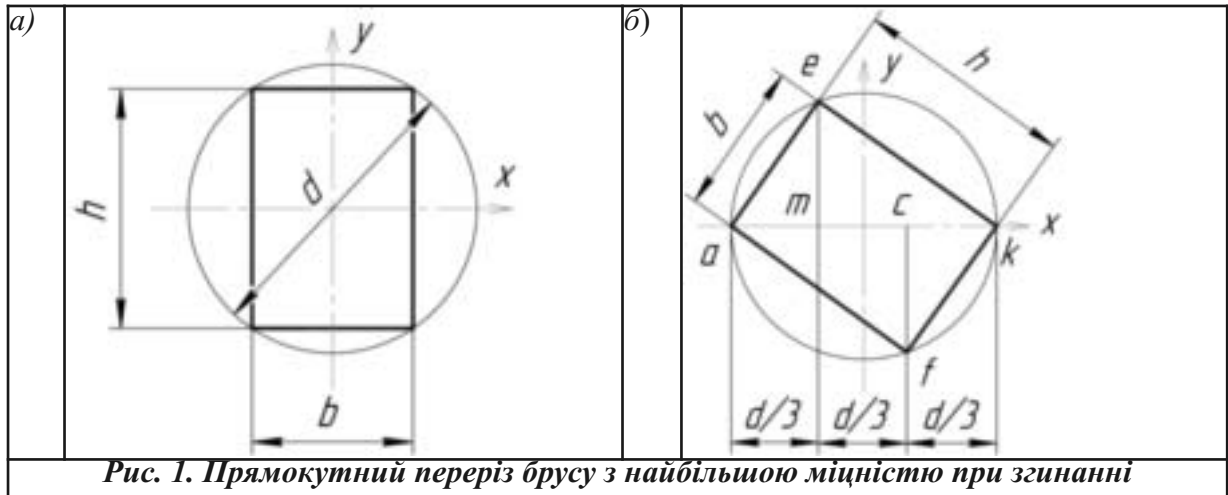


Рис. 1. Прямокутний переріз брусу з найбільшою міцністю при згинанні

Момент опору прямокутного перерізу

$$W_x = \frac{bh^2}{6} = \frac{b(d^2 - b^2)}{6} \quad (2)$$

Прирівнюючи до нуля першу похідну

$$\frac{dW_x}{db} = \frac{1}{b}(d^2 - 3b^2) = 0$$

маємо $b = \frac{d}{\sqrt{3}} \approx 0,577d$ $h = \sqrt{d^2 - b^2} = \sqrt{d^2 - \frac{d^2}{3}} = d\sqrt{2/3} \approx 0,816d$

$$\frac{h}{b} = \frac{d\sqrt{2/3}}{d/\sqrt{3}} = \sqrt{2} \approx 7/5$$

А. Паран запропонував свій варіант розпилювання колоди, зручний для обробки сокирою: необхідно діаметр колоди розділити на три рівні частини і провести перпендикуляри me і cf (рис. 1, б). Прямокутник $aekf$, що утворився внаслідок цієї побудови, має найбільшу міцність при згинанні.

Враховуючи підвищену роль жорсткості елементів конструкцій та деталей в будівництві та машинобудуванні вирішимо аналогічну задачу щодо одержання брусу прямокутного перерізу з круглої колоди, який має найбільшу жорсткість. Для цього виберемо за незалежну змінну величину висоту перерізу h . Тоді осевий момент інерції прямокутного перерізу

$$I_x = \frac{bh^3}{12} = \frac{h^3}{12} \sqrt{d^2 - h^2} \quad (3)$$

Для спрощення розрахунків проведемо дослідження квадрата виразу $\frac{bh^3}{12}$ і, прирівнявши першу похідну до нуля, одержимо

$$\frac{dI_x}{dh} = \frac{d}{dh} \left[\frac{h^6}{144} (d^2 - h^2) \right] = \frac{6d^2h^5 - 8h^7}{144} = \frac{h^5}{144} (6d^2 - 8h^2) = 0$$

звідки $h = \frac{d}{2} \sqrt{3} \approx 0,866d$ і $b = \sqrt{d^2 - h^2} = \sqrt{d^2 - 0,75d^2} = 0,5d$

Одержавши необхідні розміри перерізу найбільшої жорсткості, розглянемо простий та надійний спосіб його побудови. Для цього необхідно розділити діаметр колоди на чотири рівні частини і провести відповідні перпендикуляри mf і kg (рис. 2). Утворений прямокутник $afeg$ є шуканим перерізом брусу (Кондель, 2011; Перетяцько, 1985).

Отже, маючи колоду діаметром d , можна обробити її таким чином, щоб одержати брус прямокутного перерізу з найбільшою міцністю або найбільшою жорсткістю при згинанні.

В більшості випадків розміри перерізів балок визначають з розрахунків на міцність за нормальними напруженнями, найбільше значення яких, як відомо, дорівнює (Писаренко, 1993):

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W_x} \quad (4)$$

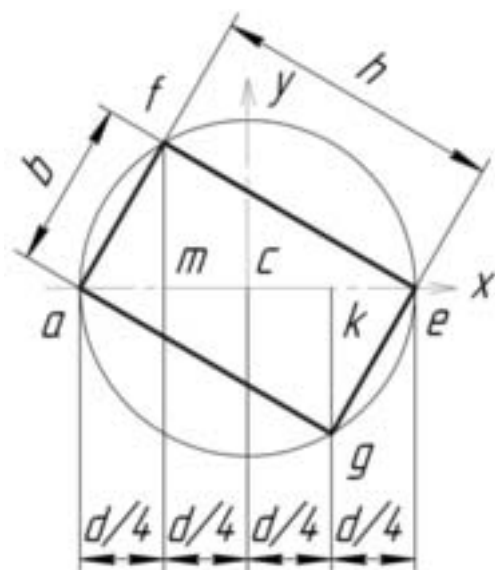


Рис. 2. Прямокутний переріз з найбільшою жорсткістю при згинанні

Зменшити ці напруження можна двома способами: зменшенням розрахункового згинального моменту M_{\max} або збільшенням осьового моменту опору W_x . В першому випадку маємо справу з раціональним розташуванням опор, а в другому – з раціональною формою поперечного перерізу балки.

Раціональним розташуванням опор на довжині балки, якщо відсутні будь-які перешкоди конструктивного характеру, можна досягти значного зменшення розрахункового згинального моменту і, відповідно, ваги балки.

У звичайної двоопорної балки, шарнірно закріпленої на кінцях, з рівномірно розподіленим навантаженням (рис. 3, а) найбільший згинальний момент всередині прольоту складає:

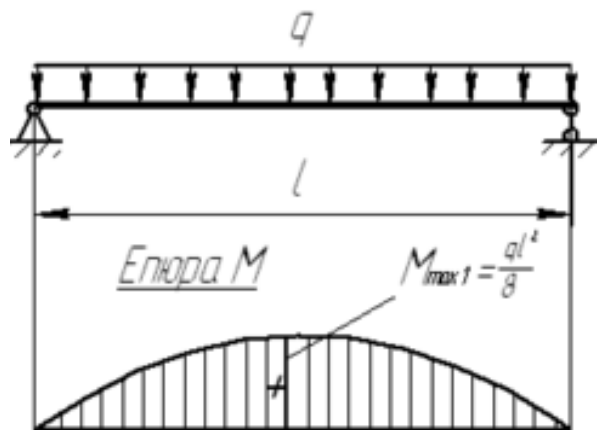
$$M_{\max 1} = \frac{ql^2}{8} \quad (5)$$

Очевидно, що для балки тієї ж довжини, але з двома консолями на кінцях (рис. 3, б) згинальний момент в середньому перерізі менше і набуває мінімального значення тоді, коли момент в прольоті стає рівним моменту на опорах. Тоді довжину консолей a знаходимо з умови:

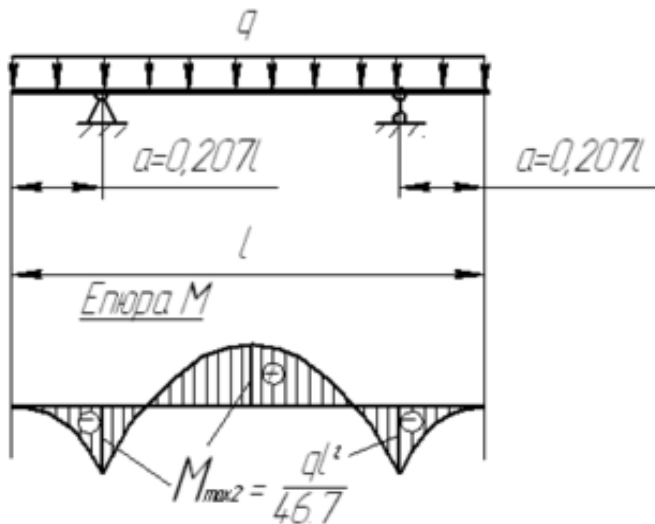
$$|M_{op}| = |M_{pr}| \quad (6)$$

де $-M_{op}$ згинальний момент на опорах, а M_{pr} – максимальний згинальний момент в прольоті:

а)



б)



в)

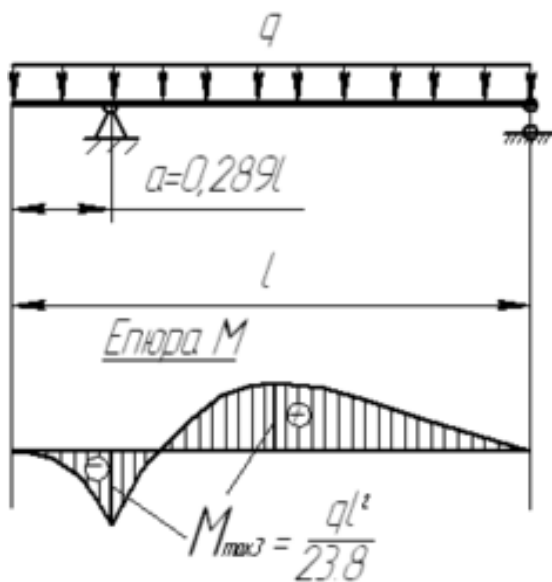


Рис. 3. Епюри згинальних моментів
 а – для безконсольної балки;
 б – для двоконсольної балки;
 в – для одноконсольної балки

$$\square_{\square\square} = \frac{qa^2}{2} \quad M_{\square\square} = \frac{q(l-2a)^2}{8} - \frac{qa^2}{2} \quad \text{тоді} \quad \frac{qa^2}{2} = \frac{q(l-2a)^2}{8} - \frac{qa^2}{2}$$

Виконавши прості перетворення, одержимо квадратне рівняння $4a^2 + 4al - l^2 = 0$ коренем якого є

$$a = \frac{\sqrt{2}-1}{2}l = 0,207l$$

В даному випадку згинальний момент $M_{\max 2} = \frac{ql^2}{46,7}$, тобто майже в шість разів менше, ніж у звичайної балки.

Для порівняння зазначимо, що защемлення на кінцях балки зменшує розрахунковий момент лише в півтора рази.

Для одноконсольної балки (рис. 3, в) найвигідніша довжина консолі у випадку дії рівномірно розподільного навантаження складає $0,289l$, а розрахунковий момент $M_{\max 3} = \frac{ql^2}{23,8}$, тобто майже втричі менший ніж у безконсольної балки тієї ж довжини.

В деяких випадках розташування опор доводиться виконувати з умови жорсткості, тоді розрахунок проводимо з умови рівності прогинів кінців консолей і прогинів посередині прольоту двоопорної балки з рівномірно розподіленим навантаженням на всій довжині. Ця умова дозволяє одержати найменші прогини як для одно-, так і для двоконсольних балок.

Оптимальну довжину консолей ($a = 0.223l$) двоконсольної балки одержимо з універсального рівняння, при цьому найбільший прогин балки складає $0,00095 \frac{ql^4}{EI_x}$, що у 13,7 разів

менше прогину звичайної безконсольної балки (рис. 3,а). Таке суттєве зменшення прогину пояснюється тим, що у формулу прогинів довжина балки входить у четвертому степені.

Крім наведених вище проблемних ситуацій, економія матеріалів досягається іншими способами (Кондель, 2011; Перетятко, 1985), а саме:

- застосуванням балок із змінним на їх довжині поперечним перерізом, а в ідеальному випадку – балок рівного опору згинання;
- створенням задалегідь визначеного зміщення опор нерозрізної балки для перетворення її у рівномоментну, в результаті чого осадка опор з конструктивного недоліку стає перевагою;
- використанням шарнірів у статично невизначених балках, які перетворюють їх у статично визначені та геометрично незмінні шарнірно-консольні балки (в ідеальному випадку – у рівномоментні);
- попереднім поворотом жорстко защемлених опорних перерізів на заданий кут.

Висновки. Розглянуті приклади доводять, що відповідним розташуванням опор можна досягти значного зменшення розрахункового згинального моменту та прогинів і, відповідно, значної економії матеріалів. На жаль, цей простий і досить ефективний засіб економії матеріалів використовують досить рідко. Так, в багатьох конструкціях порталних кранів, вагонів, транспортних та вантажопідйомних машин не забезпечується найвигідніше за вагою співвідношення прольотів та консолей навіть в тих випадках, коли відсутні будь-які перешкоди конструктивного характеру.

Вирішення таких і подібних питань щодо обґрунтованої економії матеріалів має неабияке значення як для створення нових конструкцій та їх елементів, раціонального розташування опор балок, так і для підготовки майбутнього фахівця професійної освіти. Ось чому дуже важливо заохочувати молодь до пошуків резервів економії матеріалів, розвивати їх творчий потенціал, раціоналізаторську та винахідницьку діяльність. І тоді заняття наукою з нудної необхідності перетворяться в радість пізнання та відкриття для себе чогось нового, раніше не здійсненого, що сприятиме вихованню висококваліфікованого фахівця, здатного вирішувати значні наукові проблеми.

ЛІТЕРАТУРА

- Кондель, В. (2008). Реалізація основних напрямків Болонської системи навчання в процесі викладання технічних дисциплін. *Педагогічні науки*, 4(62), 140-150.
- Кондель, В. (2011). Проблемний підхід при викладанні курсу “Технічна механіка” для майбутніх фахівців технологічної освіти. *Трудова підготовка в закладах освіти*, 3(83), 42-45.
- Кондель, В. М. (2007). Проблеми і перспективи викладання загальнотехнічних дисциплін при підготовці вчителя трудового навчання та інженера-педагога у контексті євроінтеграційних процесів. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: педагогіка*, 8, 79-83.
- Кондель, В. М. (2008). Про вдосконалення методики викладання загальнотехнічних дисциплін для професійної підготовки вчителя технологічної освіти. *Збірник наукових праць Бердянського державного педагогічного університету. Педагогічні науки*, 2, 242-248.

- Кондель, В. М. (2011). Використання інформаційно-комунікаційних технологій під час викладання технічних дисциплін для майбутніх фахівців технологічної освіти. *Інформаційні технології і засоби навчання*, 2(22). Взято з <http://www.journal.iitta.gov.ua>.
- Кондель, В. М. (2018). *Проектування деревообробних підприємств*. Полтава: Полтавський нац. пед. ун-т імені В. Г. Короленка.
- Кондель, В. М., & Новікова, К. О. (2008, Жовтень). Про парадокс Емерсона при проектуванні балок суцільного перерізу. В *Фізика, технічні науки: стан, досягання і перспективи: матеріали всеукр. наук.-практ. конф.* (с. 76-79). Полтава: ФОП Рибалка.
- Перетятко, В. П. (1985). Об активизации познавательной деятельности учащихся строительных специальностей при изучении некоторых тем технической механики. В *Методические рекомендации по технической механике*. (Вып. 9, с. 5-30). Москва: Высшая школа.
- Писаренко, Г. С. (1993). *Опір матеріалів*. Київ: Вища школа.
- Тимошенко, З. І., Оніщенко, І. Г., Грехов, А. М., & Палеха, Ю. І. (Уклад.). (2004). *Болонський процес: нормативно-правові документи*. Київ.
- Тхоржевський, Д. О. (1980). Методика викладання загальнотехнічних дисциплін і трудового навчання. Київ: Вища школа.
- Тхоржевський, Д. О. (2000). *Методика трудового та професійного навчання*. (Ч.1.: Теорія трудового навчання). Київ: РННЦ "ДІНІТ".

REFERENCES

- Kondel, V. (2008). Realizatsiia osnovnykh napriamkiv Bolonskoi systemy navchannia v protsesi vykladannia tekhnichnykh dystsyplin [Implementation of the main directions of the Bologna system of teaching in the process of teaching technical disciplines]. *Pedagogical Sciences*, 4(62), 140-150 [in Ukrainian].
- Kondel, V. (2011). Problemyi pidkhid pry vykladanni kursu "Tekhnichna mekhanika" dlia maibutnykh fakhivtsiv tekhnolohichnoi osvity [Problematic Approach in Teaching Mechanical Engineering for Future Technological Education Professionals]. *Trudova pidhotovka v zakladakh osvity [Work training in educational institutions]*, 3(83), 42-45 [in Ukrainian].
- Kondel, V. M. (2007). Problemy i perspektyvy vykladannia zahalnotekhnichnykh dystsyplin pry pidhotovtsi vchytelia trudovoho navchannia ta inzhenera-pedahoha u konteksti yevrointehratsiinykh protsesiv [Problems and prospects of teaching general technical subjects in the preparation of a teacher of labor training and engineer-teacher in the context of European integration processes]. *Scientific Issues of Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University. Section: pedagogy*, 8, 79-83 [in Ukrainian].
- Kondel, V. M. (2008). Pro vdoskonalennia metodyky vykladannia zahalnotekhnichnykh dystsyplin dlia profesiinoi pidhotovky vchytelia tekhnolohichnoi osvity [On improvement of the methodology of teaching general technical disciplines for the professional training of the teacher of technological education]. *Scientific Papers of Berdiansk State Pedagogical University. Pedagogical sciences*, 2, 242-248 [in Ukrainian].
- Kondel, V. M. (2011). Vykorystannia informatsiino-komunikatsiinykh tekhnolohii pid chas vykladannia tekhnichnykh dystsyplin dlia maibutnykh fakhivtsiv tekhnolohichnoi osvity [Use of information and communication technologies in teaching technical disciplines for future specialists in technological education]. *Information Technologies and Learning Tools*, 2(22). Retrieved from <http://www.journal.iitta.gov.ua> [in Ukrainian].
- Kondel, V. M. (2018). *Proektuvannia derevoobrobnykh pidpriemstv [Designing Woodworking Enterprises]*. Poltava: Poltavskyi nats. ped. un-t imeni V. H. Korolenka.
- Kondel, V. M., & Novikova, K. O. (2008, October). Pro paradoks Emersona pry proektuvanni balok sutsilnoho pererizu [Emerson's paradox in the design of continuous section beams]. In *Fizyka, tekhnichni nauky: stan, dosiahannia i perspektyvy [Physics, technical sciences: state, achievements and prospects]: Proceedings of the Ukrainian Scientific Conference* (pp. 76-79). Poltava: FOP Rybalka [in Ukrainian].
- Tymoshenko, Z. I., Onishchenko, I. H., Hrehov, A. M., & Palekha, Yu. I. (Comps.). (2004). *Bolonskyi protses: normatyvno-pravovi dokumenty [Bologna Process: regulatory documents]*. Kyiv [in Ukrainian].

VOLODYMYR KONDEL

PROBLEM APPROACH TO TEACHING "DESIGN OF WOODWORKING ENTERPRISES" FOR FUTURE SPECIALISTS OF PROFESSIONAL EDUCATION

The problem approach in teaching the course "Designing of Woodworking Enterprises" for future specialists of professional education on the examples of investigation of constructions and their elements that deals with bending is considered. The purpose of teaching the discipline is to form students' knowledge and skills in designing enterprises, taking into account rational and integrated use of forest resources, improving product quality, increasing productivity on the basis of safety and environmental friendliness of production.

The major task of capital building and modern mechanical engineering is saving of materials. And one of the main directions of the solution of this problem is the choice of rational forms of cross-section of beams and optimal arrangement of supports on conditions of strength and rigidity, which will significantly reduce the cost of manufacturing the constructions of woodworking enterprises. The author examines the Emerson's paradox when the strength of the bending beams increases with diminution of their cross-sectional area; Paron's task is solved for rational sawing of logs to obtain bars with the largest strength and rigidity; the optimal arrangement of supports is proposed in conditions of strength and stiffness. Under the condition of strength, the maximum normal pressure can be reduced in two ways: by reducing the bending moment (due to the optimal arrangement of the supports) or by increasing the axial moment of the resistance (due to the rational form of the beam's cross-section). The optimal arrangement of supports allows to reduce the bending moment for two-console beams in almost six times, and for single-console in almost three times more compared to the conventional non-console beam. On the condition of rigidity, the optimal length of consoles allows to reduce the largest deflection of the two-console beams by almost 14 times compared to a non-console beam with a uniformly distributed load over its entire length.

In addition to designing rational forms of cross-sections and optimal arrangement of beam seats, material saving is achieved in other ways, namely: application of variable cross-section beams on their length; the creation of predetermined displacement of the supports of an indistinguishable beam to convert it into one-moment; using hinges in statically uncertain beams, which convert them into statically defined and one-dimensional stable ones; the previous rotation of the hardened girder cross-sections to the given angle.

Key words: *problem approach, specialist of professional education, design of woodworking enterprises, rational sections of beams, optimal arrangement of supports.*

Надійшла до редакції 08.08.2019 р.