

УДК 378. 016: 620.17
ББК 74.58 +34.12

А.В. Іванчук
м. Вінниця, Україна

ОСОБЛИВОСТІ МЕТОДИКИ ВИКЛАДАННЯ ДИСЦИПЛІНИ «ОПІР МАТЕРІАЛІВ» У ВИЩИХ ПЕДАГОГІЧНИХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДАХ

Постановка проблеми. Об'єктом вивчення навчальної дисципліни «Опір матеріалів» є інженерні методи розрахунку на міцність, жорсткість, стійкість деталей механізмів, машин та елементів будівельних конструкцій [8]. Тому робимо висновок, що основою методики вивчення опору матеріалів є формування операційної складової технічного мислення

студентів у процесі розв'язування спеціально підібраних задач. Проте зміст цієї навчальної дисципліни володіє великим загальноосвітнім потенціалом, який, на нашу думку, є важливим компонентом професійної підготовки майбутніх учителів трудового навчання. Отже, існує протиріччя між спрямованістю традиційної методики викладання опору матеріалів на формування операційної складової технічного мислення студентів і потребою засвоєння фізичного змісту базових понять навчальної дисципліни.

Аналіз раніше здійснених досліджень. Питанням розуміння фізичної суті понять і аналізу студентських помилок у термінології присвячені дослідження Г. Іцковича, В. Феодосєєва та ін. [1; 2; 5; 9]. Проблемам формування вмінню розв'язувати задачі з опору матеріалів приділяли увагу В. Огородніков, С. Подолянчук та ін. [6; 7; 8]. Проблеми розв'язування технічних задач із використанням пакету програм Mathcad і COSMOSWorks вирішували Є. Макаров, В. Корчагін, К. Глазунов та ін. [3; 4; 6].

Мета статті – висвітлити характер труднощів у розумінні майбутніми вчителями трудового навчання базових термінів опору матеріалів, їх фізичної суті та деякі функціональні можливості пакетів розрахункових програм Mathcad і COSMOSWorks.

Виклад основного матеріалу. Один із висновків узагальнення 50-річного досвіду методики викладання опору матеріалів, здійсненого Г. Іцковичем, полягає в тому, що оптимізація змісту цієї навчальної дисципліни здійснювалася шляхом його поділу на загальнотехнічні і спеціальні питання та вилучення останніх [2]. Ознакою спеціальних питань є зв'язок із професійною підготовкою майбутніх фахівців, тобто з окремими галузями техніки.

Однією з задач технічних дисциплін є формування в студентів технічного мислення. Більшість дослідників психологічної структури технічного мислення погоджуються в тому, що його складовими є поняття, образи технічних об'єктів і практичні дії. Однак із досвіду причетних до викладання дисципліни викладачів і нашого власного відомо, що студенти можуть неправильно використовувати спеціальні терміни і деяка їх частина не усвідомлює фізичного змісту основних понять опору матеріалів. Хоча майбутнім учителям трудового навчання потрібно розуміти фізичний зміст основних понять як загальноосвітню складову цієї дисципліни. Отже для висвітлення методичних проблем у викладанні опору матеріалів ми використали прийом аналізу типових помилок студентів. Через обмеженість об'єму статті розглянемо приклади помилок у розумінні деяких вибраних базових понять дисципліни.

Наприклад, формулюючи умову задачі студенти говорять: «Визначити діаметр вала, який передає крутний момент...». Проте відомо, що крутний момент – це внутрішній силовий фактор, що виникає при роботі бруса на кручення, тому передавати його неможливо. «Стержень працює на поздовжній згин», але, якщо виник поздовжній згин, тобто втрачена стійкість прямолінійної форми, то стержень уже вийшов із ладу і його немає сенсу розраховувати.

Відомо, що розв'язування задач є основним засобом формування технічного мислення з опору матеріалів. Хоча трудність задач є суб'єктивним показником, а складність – об'єктивним, однак основні методичні підходи до їх підбору за рівнем складності можна знайти в праці Г. Іцковича [2]. Зміст і структура задач з опору матеріалів розкривається в їх класифікації.

До першої групи належать тренувальні задачі. Ознакою таких задач є очевидність фізичної суті, а отже нульовий рівень складності. Мета розв'язання полягає у формуванні вміння використовувати формули.

До другої групи належать задачі зі зрозумілою фізичною суттю та стандартним алгоритмом розв'язання. Мета розв'язання – формування вміння із розв'язування статично визначених задач розрахунку на міцність при різних видах навантаженнях.

Третю групу складають задачі середнього рівня складності з неочевидною фізико-геометричною суттю, наприклад, статично невизначені. Мета розв'язання – формування вміння аналізування фізико-геометричної суті задач.

Задачі підвищеного рівня складності ті, які належать до нестандартних або проблемних (четверта група). Їх використовують з метою активізації творчого технічного мислення студентів у системі евристичних орієнтирів.

Підбір змісту задач до кожної групи проводять з використанням методичного прийому «Номенклатурний список», тобто списку, де вказані всі питання, що підлягають висвітленню й ілюстрації. Наприклад, список питань до теми «Кручення»: побудова епюр крутних моментів; розрахунок бруса на міцність (перевірка міцності за допустимими напруженнями і за коефіцієнтом запасу міцності); побудова епюр найбільших дотичних напружень і кутових переміщень по довжині бруса; розрахунок на жорсткість (перевірка жорсткості, визначення допустимого крутного моменту, визначення діаметра вала); порівняння суцільного і кільцевого перерізу при розрахунках на міцність і жорсткість; статично невизначений брус, що працює на кручення; визначення розмірів пружини за заданою робочою характеристикою.

Закон Гука описує поведінку не конструкції, а її матеріалу, встановлюючи лінійну залежність між напруженнями і деформаціями, а не між силами і переміщенням, як можуть стверджувати студенти.

Помилковим є судження, що метод перерізів призначений для визначення напружень. Однак він дає змогу визначити лише головний вектор і головний момент внутрішніх сил, а для визначення напружень необхідно знати закон їх розподілу за перерізом. Для використання методу зручно застосовувати мнемонічний прийом – аббревіатуру РВЗЗ – ріжемо, відкидаємо, замінюємо, зрівноважуємо.

Помилкою є позначення поздовжньої осі бруса літерою x , а не z . Стандартним є позначення головних центральних осей поперечного перерізу профілю літерами x і y .

У судженнях студентів про внутрішні силові фактори вживається дієслово *діють*, хоча правильніше говорити *виникають*. У літературних джерелах можна знайти дві системи побудови курсу опору матеріалів. У першій поздовжні сили і згинаючі моменти розглядають як внутрішні силові фактори, у другій – як рівнодіючі зовнішніх сил. Більшість авторів навчальних посібників дотримуються першої системи, тому природним є виникнення під дією зовнішніх сил внутрішніх силових факторів. Отже некоректно говорити, що згинаючий момент викликає згин бруса.

Важливе правильне тлумачення поняття «порушення міцності». Студенти нерідко обмежуються тлумаченням руйнування матеріалу. Однак порушення міцності стосується також і виникнення пластичних деформацій. У педагогічних вищих навчальних закладах вивчають розрахунки по небезпечній точці (по допустимих напруженнях), тому порушення міцності (виникнення пластичних деформацій або ознак крихкого руйнування) хоча б в одній точці розглядається як порушення міцності всієї конструкції.

У різних підручниках синонімом до терміну «брус» є «стержень», але необхідно зважати на те, що стержень – це брус, який працює на розтяг і стиск.

Неправомірним є судження типу «під дією поздовжньої сили виникає розтяг або стиск». Правильніше для класифікації видів навантаження (або видів деформації) бруса використовувати підхід В. Феодосьєва [9]. Наприклад, розтяг – вид навантаження, при якому в поперечному перерізі бруса виникають нормальні сили, а інші внутрішні силові фактори (поперечні сили, крутний і згинаючі моменти) дорівнюють нулю.

Студенти з курсів фізики і теоретичної механіки знають, що силу визначає точка прикладання, напрям і модуль та помилково цими трьома елементами визначають напруження. Але ж для визначення напруження трьох елементів недостатньо, важливо ще знати орієнтацію (розміщення) в просторі площадки, на якій вони виникають.

Виконуючи епюри, студенти можуть невірно їх штрихувати. Необхідно акцентувати їхню увагу на тому, що епюра – це графік, де кожна лінія штриховки в прийнятному масштабі визначає поздовжню силу в поперечному перерізі бруса, тому штриховка під 45° некоректна.

Записуючи формулу для визначення нормальних напружень, студенти можуть помилково записати її в такому вигляді $\sigma = F/A$, тобто в чисельнику записують зовнішню силу, а не внутрішню поздовжню силу N .

Виникають проблеми в студентів при визначенні фізичного змісту модуля поздовжньої пружності як величини, яка характеризує жорсткість матеріалу, тобто його здатність чинити опір пружній деформації. Наочно його смисл можна показати на графіку. Модуль пружності пропорційний тангенсу кута нахилу α графіка до осі абсцис (саме пропорційний, а не рівний, бо неможливо прирівняти безрозмірну величину – тангенс кута – величині, яка має розмірність). Чим крутіше йде пряма, тим жорсткіший матеріал, тим важче він піддається пружній деформації. У відповідях студентів можна почути судження: «Чим більший модуль пружності E , тим більша пружність матеріалу», але ж пружність – це здатність відновлювати форму і розміри після зняття навантаження. Зрозуміло, що до пружності в цьому розумінні слова величина E немає відношення. Тут слово «пружність» необхідно розуміти як опір пружним деформаціям.

Добуток EA інколи в підручниках називають жорсткістю бруса, але жорсткість бруса залежить від його довжини, а у вказаному виразі довжина відсутня. Тому потрібно наголошувати студентам про умовність цієї назви, бо переріз не має жорсткості, а термін вживається в розумінні, що добуток EA відображає вплив на жорсткість бруса його матеріалу і розмірів поперечного перерізу.

Необхідно чітко визначити поняття пластичності матеріалу як властивості отримувати перед руйнуванням значні залишкові деформації. Студенти нерідко висловлюють судження про пластичність матеріалу за однією ознакою – наявності площадки текучості на діаграмі розтягання. Проте сплави кольорових металів, середньо вуглецеві і леговані сталі, володіючи високою пластичністю, на діаграмі розтягання не мають площадки текучості (про ступінь пластичності роблять висновок за значеннями величин δ і ψ).

Часто зустрічається неправильне трактування студентами порушення умови міцності $\sigma \leq [\sigma]$, зокрема: «Конструкція зруйнується». Необхідно пояснювати помилковість такого розуміння, підкресливши, що допустиме напруження відділене від граничного напруження коефіцієнтом запасу і незначне перевищення розрахункового напруження над допустимим означає лише деяке зниження надійності конструкції в порівнянні з попередньо прийнятою. Тут доречно нагадати студентам, що граничним називають напруження, при яких виникають ознаки пластичної деформації або руйнування та формулу допустимих напружень $[\sigma] = \sigma_{\text{гранич.}} / [n]$, де $\sigma_{\text{гранич.}}$ – граничне напруження; $[n]$ – допустимий коефіцієнт запасу міцності.

Відомо, що розрахунки на зріз супроводжуються розрахунками на зминання [8]. Студенти ж некоректно висловлюються, що розраховують заклепки на зминання. Потрібно говорити, що заклепкове з'єднання перевіряється на зминання, бо розрахункові напруження зминання однакові для спряжених деталей, а тому перевірка підлягає та, для якої допустиме напруження зминання найменше. Нерідко цією деталлю є не заклепка, а лист металу, який з'єднується заклепковим з'єднанням. У цьому випадку недостатня міцність на зминання заклепкового з'єднання призведе до обминання стінок отвору, що порушить заклепкове з'єднання.

Також тут має місце умовність поняття «напруження зминання». Термін «напруження» застосовується для вираження інтенсивності внутрішніх сил, а в цьому випадку ми маємо справу із силами, зовнішніми по відношенню до кожної з деталей заклепкового з'єднання. При дотиканні деталей під навантаженням виникають розподілені по поверхні контакту сили взаємодії, виникає тиск однієї деталі на іншу. Умовно приймають, що тиск рівномірно розподілений по поверхні контакту і в кожній точці нормально до цієї поверхні. Умовно цей тиск називають напруженням зминання і позначають $\sigma_{\text{зм}}$. Тобто, в даному випадку умовно називають поверхневу інтенсивність зовнішніх (а не внутрішніх) сил напруженням.

При вивченні теми «Кручення» студенти мало уваги приділяють позначенням моментів, наприклад, використовують літери M і T . Тут варто звернути їхню увагу ще раз на те, що внутрішні моменти позначають літерою M , а зовнішні – T .

Помилковим є також судження студентів, що «максимальні дотичні напруження при крученні виникають на поверхні бруса» – це наслідок ігнорування того, що про напруження варто говорити, тільки вказуючи площадку, на якій воно виникає. На поверхні бруса

напруження відсутні, а максимальні вони в поперечному перерізі бруса поблизу його поверхні – в точках контуру поперечного перерізу.

Виникають у студентів труднощі з розумінням деяких термінів теми «Геометричні характеристики плоских перерізів», наприклад, «головні осі». Необхідно звернути увагу студентів, що головними називаються осі, відносно яких осьові моменти інерції екстремальні, а рівність нулю відцентрового моменту інерції відносно цих осей – ознака для їх розпізнавання. Головні центральні осі всього перерізу позначають x і y без індексів. Позначення x_1 і y_1 і т.п. використовують для головних центральних осей фігур, складових перерізу. Неголовні центральні осі позначають x_0 і y_0 , а допоміжні осі – u і v .

При вивченні теми «Згин» необхідно наголошувати про умовність терміну «виникають» по відношенню до поперечної сили і згинаючого моменту – виникають не вони, а сили, розподілені по всьому перерізі нормальні і дотичні сили. Тут говорять про головний вектор (поперечну силу) і головний момент (згинаючий момент), тобто вони є статичними еквівалентами виникаючих у перерізі розподілених сил.

Пакет прикладних програм Mathcad використовують для розрахунку балок на згин, зокрема, побудови епюр поперечних сил, згинальних моментів, прогинів, що дозволяє висловлювати судження про поведінку балки під дією навантажень та вибирати геометрію її поперечного перерізу при відомому матеріалі [3; 4; 6; 7]. Дидактично цінною є властивість Mathcad проводити дослідження поведінки конструкції при зміні числових значень активних навантажень, матеріалу або її геометричних характеристик.

Поглибити розуміння студентами фізичних процесів можна за допомогою використання програмного комплексу COSMOSWorks або його скороченої версії COSMOSXpress, які дозволяють аналізувати напружений стан конструкції технічного об'єкта в процесі його візуалізації засобами анімації [3]. У пакеті COSMOSXpress використаний метод кінцевих елементів. В його основі розбивка конструкції технічного об'єкта на ділянки простої форми (кінцеві елементи) та спільні для їх точки (вузли). Рух вузлів описують як переміщення в прямокутній системі координат. Програмний комплекс складає рівняння поведінки кінцевих елементів із урахуванням зв'язків між ними, взаємних переміщень, властивостей матеріалу, характеру навантаження, накладених обмежень. На їхній основі з'являються анімаційні зображення, які наочно показують поведінку конструкції технічного об'єкта під дією напружень та її зміну при варіюванні початковими умовами технічної задачі.

Висновки. Існують труднощі в розумінні студентами фізичної суті базових понять опору матеріалів лексичного і логічного характеру, які зменшують вплив цієї навчальної дисципліни на формування у них цілісної технічної картини світу. Для їх усунення необхідно типізувати помилкові судження студентів і розробити систему евристичних орієнтирів, які допоможуть усунути прогалини в знаннях фізичної суті базових понять опору матеріалів. Одним із дієвих засобів, які сприятимуть зменшенню труднощів у розумінні студентами фізичної суті понять є пакет програм Mathcad і програмний комплекс COSMOSWorks.

Література:

1. Высоковский, В.Л. Введение в курс сопротивление материалов: [учебное пособие] / В. Л. Высоковский. – Челябинск: Изд. центр ЮУрГУ, 2009. – 25 с.
2. Ицкович, Г. М. Методика преподавания сопротивления материалов в техникумах: [учебно-методическое пособие для преподавателей машиностр. техникумов]; под ред. А. И. Аркуши / Георгий Меерович Ицкович. – М.: Высш. шк., 1990. – 224 с.
3. Корчагин, В. А. Внедрение информационных технологий при изучении теоретической механики и сопротивления материалов / В. А. Корчагин, К. О. Глазунов // Информационно-коммуникативные технологии в подготовке учителя технологии и учителя физики: материалы науч. - практ. конференции, 7 – 9 апр. 2010 г., Коломна. Т.2.: сборник материалов. – Коломна: Московский государственный областной социально-гуманитарный ин-т, 2010. – С. 53 – 58.
4. Макаров, Е. Г. Сопротивление материалов на базе Mathcad / Евгений Георгиевич Макаров. – СПб: БХВ – Петербург, 2004. – 512 с.

5. Мильніков, О. В. Опір матеріалів / Олексій Вікторович Мильніков. – Тернопіль: Вид-во ТНТУ, 2010. – 257 с.
6. Огородніков, В. А. Опір матеріалів. Розрахунково-графічні завдання з прикладами розрахунків / Огородніков В. А., Грушко О. В., Побережник М. І. – Вінниця: ВНТУ, 2003. – 158 с.
7. Огородніков, В.А. Опір матеріалів з елементами теорії пластичності: [навчальний посібник] / Огородніков В. А., Сивак І. О., Бабак М.В. – Вінниця: ВДГУ, 2001. – 100 с
8. Подолянчук, С. В. Опір матеріалів. Розрахунково-графічні завдання: [навчально-методичний посібник] / Станіслав Вікторович Подолянчук. – Вінниця: ВДГУ, 2002. – 76 с.
9. Феодосьев, В. И. Десять лекций-бесед по сопротивлению материалов / В. И. Феодосьев. – М.: Изд – во «Наука». Главная редакция физико-математической л – ры, 1975. – 174 с.

У статті обговорюються проблеми розуміння фізичної суті базових понять навчальної дисципліни «Опір матеріалів» майбутніми вчителями трудового навчання. Розглянуті типові помилки у розумінні студентами деяких понять. Аналізуються функціональні можливості пакету програм Mathcad і програмного комплексу COSMOSWorks.

Ключові слова: фізична суть понять, типові помилки студентів.

В статье обговариваются проблемы понимания физической сущности базовых понятий учебной дисциплины «Сопротивление материалов». Рассмотрены типичные ошибки у понимании студентами некоторых понятий. Анализируются функциональные возможности пакета программ Mathcad и программного комплекса COSMOSWorks.

Ключевые слова: физическая суть понятий, типичные ошибки студентов.

In article are considered problems of understanding of physical essence of base concepts of a subject matter «Resistance of materials». Typical mistakes at understanding by students of some concepts are considered. Functionalities of software package Mathcad and program complex COSMOSWorks are analyzed.

Key words: physical essence of concepts, typical errors of students.