

Задачі підвищеного рівня складності ті, які належать до нестандартних або проблемних (терта 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 «менклатурний список», тобто списку, де вказані всі питання, що підлягають висвітленню в цій групі. Наприклад, список питань до теми «Кручення»: побудова епюр крутних моментів; розрахунок бруса на міцність (перевірка міцності за допустимими напруженнями і дефіцитом запасу міцності); побудова епюр найбільших дотичних напружень і кутових деформацій по довжині бруса; розрахунок на жорсткість (перевірка жорсткості, визначення допустимого крутного моменту, визначення діаметра вала); порівняння суцільного і шпунтового 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 переміщеннями, як можуть вважати 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 цього методу зручно застосовувати мнемонічний прийом – аббревіатуру РВЗЗ – ріжемо, відкидаємо, змінюємо, 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 вищих 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 плутаються тлумаченням руйнування матеріалу. Однак порушення міцності стосується не тільки руйнування, а також і виникнення пластичних деформацій. У педагогічних вищих навчальних закладах викладають 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. Феодосєва [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 особливу увагу на тому, що епюра – це графік, де кожна лінія штриховки в прийнятому 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 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 перевіряє 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 зминання» 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 бру

ження відсутні, а максимальні вони в поперечному перерізі бруса поблизу його поверхні в деяких контурах 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, значення нулю відцентрового моменту інерції відносно цих осей – ознака для їх визначення. Головні центральні осі всього перерізу позначають x і y без індексів. Значення 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» відношення до поперечної сили і згинаючого моменту – виникають не вони, а сили, розділені по всьому перерізі нормальні і дотичні сили. Тут говорять про головний вектор поперечної сили) і головний момент (згинаючий момент), тобто вони є статичними елементами виникаючих у перерізі розподілених сил.

Пакет прикладних програм Mathcad використовують для розрахунку балок на згин, тема, побудови епюр поперечних сил, згинальних моментів, прогинів, що дозволяє робити певні 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 реалізації 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 тривимірній 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 навантажень 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 аналізувати 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 сопротивления 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.