

**Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»**



Кафедра механічної та біомедичної інженерії

С. П. Панченко

Методичні вказівки до проведення практичних робіт (практикум)
з дисципліни «**Біомеханіка**»
для студентів спеціальності 132 «Матеріалознавство»

Дніпро2022

Рекомендовано до видання навчально-методичним відділом (протокол № 10 від 20.10.2022) за поданням науково-методичної комісії спеціальності 132 Матеріалознавство (протокол № 3 від 22.02.2022).

Панченко С. П.

Методичні вказівки до проведення практичних робіт (практикум) з дисципліни «Біомеханіка» для студентів спеціальності 132 «Матеріалознавство» / С. П. Панченко ; Міністерство освіти і науки України, Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». – Дніпро : НТУ «ДП», 2022. – 26 с.

Автор:

Панченко С. П., канд. техн. наук , доц.

Методичні матеріали призначено для роботи студентів спеціальності 132 «Матеріалознавство» під час підготовки до практичних занять із дисципліни «Біомеханіка».

Надано список тем практичних занять для опрацювання студентами.

Наведено орієнтовні схеми задач, для яких необхідно виконати розрахунки.

Приводяться короткі теоретичні відомості з механіки, які необхідні для розв'язання практичних задач.

Зміст

1. Вступ	4
2. Теми практичних занять	5
3. Схеми до практичних задач	6
4. Короткі теоретичні відомості з механіки	10
5. Критерії оцінювання	19
6. Рекомендовані джерела інформації	26

1. Вступ

Мета навчальної дисципліни «Біомеханіка» є вивчення основних принципів функціонування різних біологічних тканин та їх замінників, зокрема, опорно-рухового апарату та його математичних моделей, а також розв'язання професійних задач у науково-дослідній, науково-пошуковій, виробничо-технологічній діяльності.

Результати навчання

В результаті вивчення дисципліни «Біомеханіка» студент повинен:

- 1) Знати і розуміти основні терміни і визначення дисципліни
- 2) Знати основні сучасні досягнення в біомеханіці опорно-рухового апарату людини
- 3) Володіти принципами побудови математичних моделей біологічних об'єктів
- 4) Вміти аналізувати отримані результати
- 5) Володіти методами визначення зусиль при осьовому розтягу-стиску та згині в елементах біомеханічних систем

2. Теми практичних занять

Мета практичних занять – уміння застосовувати отримані теоретичні знання на практиці через виконання студентами різних завдань та вправ.

В рамках курсу «Біомеханіка» в якості практичних занять студентам пропонується розв'язувати задачі пов'язані з механікою опорно-рухового апарату людини.

Теми практичних занять, які пропонуються для детального ознайомлення:

- 1) Визначення положення загального центру ваги тіла людини у фіксованій позі
- 2) Визначення розподілу сил, які діють на опору, від ваги тіла спортсмена
- 3) Визначення зусиль в зв'язковому апараті ліктьового суглоба
- 4) Визначення внутрішніх зусиль в стержнях спортивного турніка

3. Схеми до практичних задач

Тема: Визначення положення загального центру ваги (ЦВ) тіла людини у фіксованій позі

Визначити положення центру ваги тіла людини у фіксованій позі, показаній на рисунку

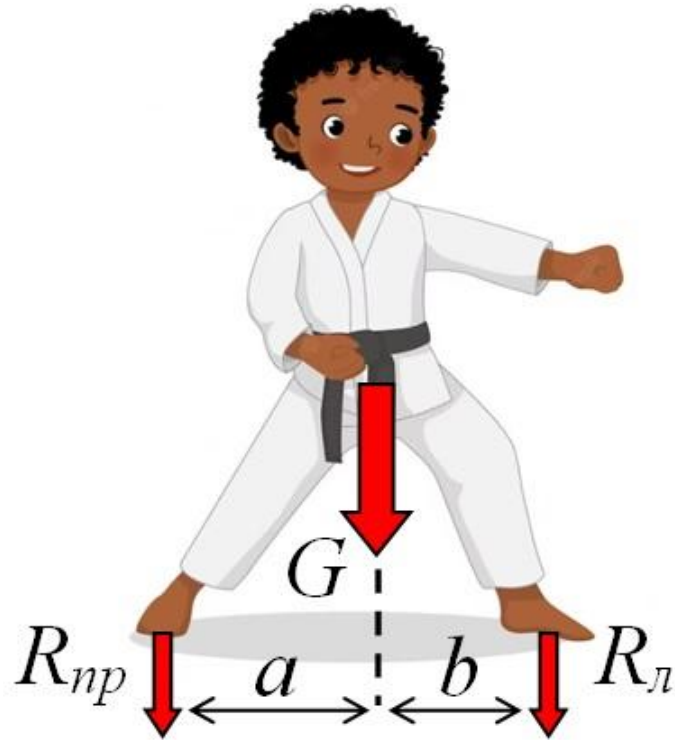


Відносна маса й положення ЦВ ланок і сегментів тіла людини

Сегменти	Маса, %	Положення ЦВ	Точки, від яких визначається положення ЦВ
Стопа	1.37	0.56	Передня частина стопи
Гомілка	4.33	0.4	Верхньогомілкорова
Стегно	14.17	0.45	Великий вертлюг
Кисть	0.61	0.37	Променево-зап'ястковий суглоб
Передпліччя	1.61	0.43	Зовнішній надвиросток плечової кістки
Плече	2.71	0.45	Акроміальний виросток
Голова	6.94	0.5	Верхня точка голови
Верхня частина тулуба	15.96	0.51	Остистий відросток сьомого шийного хребця
Середня частина тулуба	16.33	0.45	Нижньогрудина
Нижня частина тулуба	11.74	0.35	Пупкова

Тема: Визначення розподілу сил, які діють на опору, від ваги тіла спортсмена

Визначити розподіл сил, які діють на опору, від ваги тіла спортсмена в залежності від положення загального центру ваги

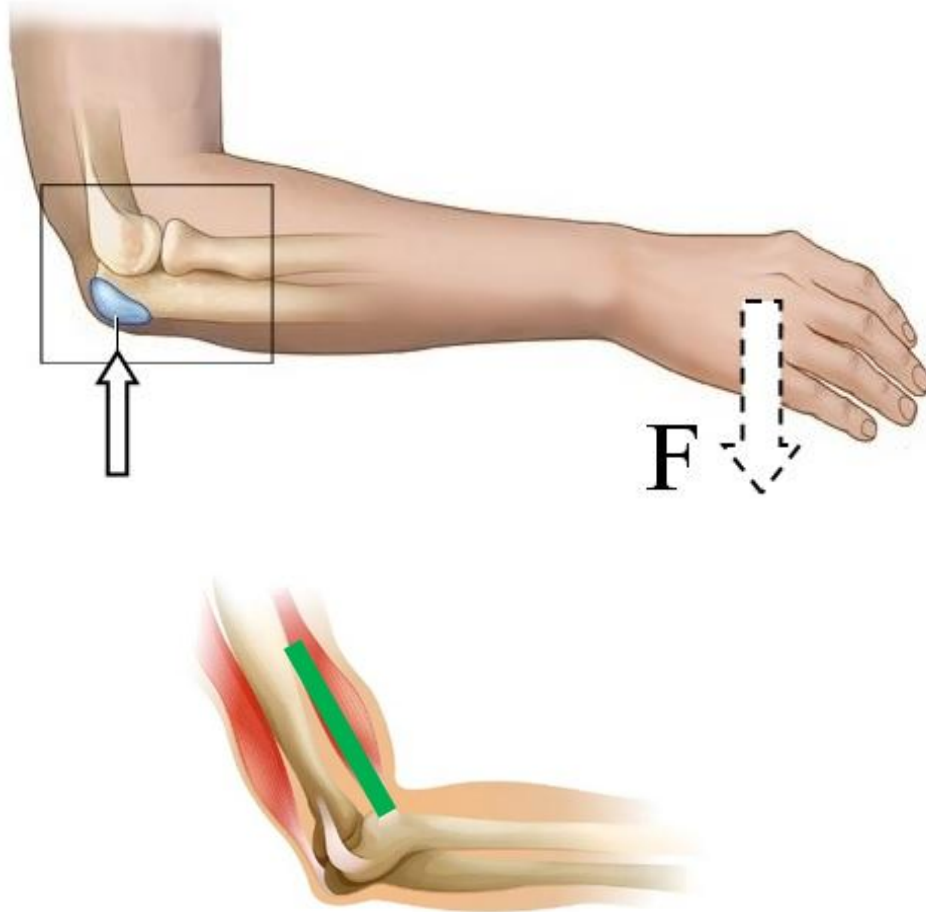


Для задачі, показаної на рисунку, необхідно:

- 1) обрати розміри a та b (самостійно або за вказівкою викладача), виходячи з антропометричних даних, а також величину сили G (власна вага спортсмена)
- 2) побудувати розрахункову схему
- 3) виконати необхідні розрахунки
- 4) виконати перевірку отриманих результатів

Тема: Визначення зусиль в зв'язковому апараті ліктьового суглоба

Визначити зусилля в зв'язці, показаній на рисунку, в залежності від величини прикладеного навантаження F

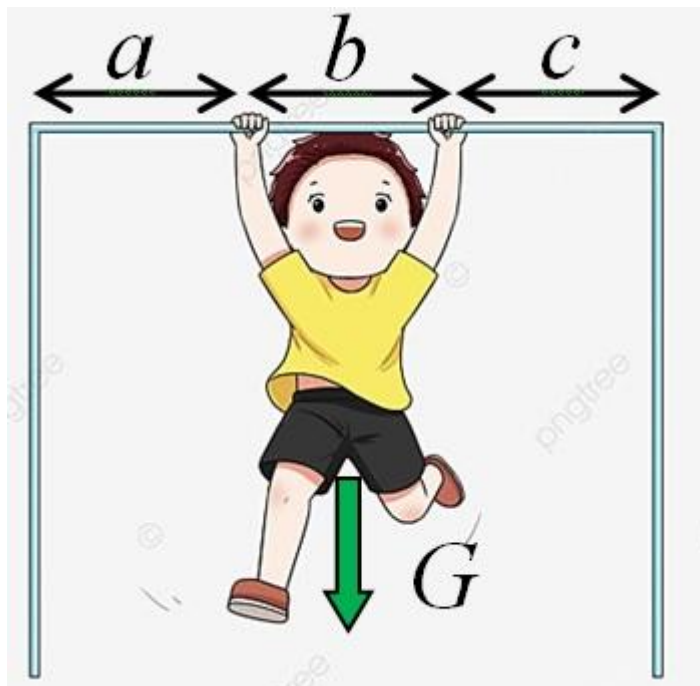


Для задачі, показаної на рисунку, необхідно:

- 1) обрати розміри (самостійно або за вказівкою викладача), виходячи з антропометричних даних, а також величину сили F (вага вантажу)
- 2) побудувати розрахункову схему
- 3) виконати необхідні розрахунки
- 4) виконати перевірку отриманих результатів

Тема: Визначення внутрішніх зусиль в стержнях спортивного турніка

Визначити зусилля в елементах турніка в залежності від положення спортсмена, яке показано на рисунку



Для задачі, показаної на рисунку, необхідно:

- 1) обрати розміри a , b та c (самостійно або за вказівкою викладача), виходячи з антропометричних даних, а також величину сили G (власна вага спортсмена)
- 2) побудувати розрахункову схему
- 3) виконати необхідні розрахунки
- 4) виконати перевірку отриманих результатів

4. Короткі теоретичні відомості з механіки

Статика – це вчення про рівновагу тіл у певній системі відліку, розділ механіки, в якому вивчаються умови рівноваги конструкцій та механічних систем під дією прикладених до них зовнішніх зусиль, таких як сили, моменти та розподілені навантаження.

Основні поняття статyki

У навколишньому просторі тіла можуть переміщатися чи спочивати, тобто. перебувати у рівновазі. У «Статиці» встановлюються умови рівноваги сил, прикладених до твердого тіла. З цих умов розраховуються опорні реакції різних конструкцій, споруд, механізмів, зокрема і біологічного походження.

Умови рівноваги довільної системи сил

Розглянемо умови рівноваги довільної плоскої та просторової систем сил, включаючи три основні форми.

З основної теореми статyki випливає, що будь-яка система сил і моментів, що діють на тверде тіло, може бути приведена до вибраного центру і замінена в загальному випадку головним вектором і головним моментом.

Якщо система врівноважена, отримуємо умови рівноваги: $R=0$, $M_O=0$. З цих умов для просторової системи сил виходить шість рівнянь рівноваги, з яких можуть бути визначені шість невідомих:

$$\begin{aligned}\sum x_i &= 0, \sum M_{ix} = 0; \\ \sum y_i &= 0, \sum M_{iy} = 0; \\ \sum z_i &= 0, \sum M_{iz} = 0.\end{aligned}$$

Одними з найважливіших критеріїв оцінки надійності конструкцій та їх елементів є міцність та жорсткість:

- Міцність — здатність елементів конструкцій чинити опір дії зовнішнім навантаженням не руйнуючись.
- Жорсткість — здатність елементів конструкцій, під впливом зовнішніх навантажень отримувати лише незначні деформації, що лежать у межах допустимих значень.

Розрахункова схема реальної конструкції

Розрахункова схема реальної конструкції показує тільки ті умови і чинники, які необхідні для вирішення завдання, відкидаючи несуттєві деталі які не впливають на її вирішення.

Реальні конструкції зазвичай характеризуються великою складністю конструктивних форм.

Провести розрахунок реальних конструкцій з урахуванням всіх конструктивних особливостей дуже часто складно і іноді навіть неможливо.

Разом з тим конструктивні особливості не завжди істотно впливають на роботу споруди.

Тому при розрахунку реальної конструкції її завжди замінюють ідеалізованою спрощеною схемою – так званою розрахунковою схемою, вибір якої є виключно відповідальним етапом розрахунку.

Від цього вибору залежить точність та трудомісткість розрахунку. Іноді навіть невелике уточнення її веде за собою істотне ускладнення розрахунку чи навпаки.

Розрахункова схема має повністю відбивати основний характер роботи реальної конструкції, усуваючи несуттєві другорядні чинники.

При схематизації реальних об'єктів основними елементами розрахункових схем є: брус, оболонка, конструкція кріплення цих елементів (опори), також робляться спрощення у системі сил, прикладених до елемента конструкції.

Зовнішні сили і навантаження

Всі зовнішні сили (навантаження), що діють на тіло, що вивчається, слід розглядати як прояв взаємодії його з оточуючими тілами, яке представляється у вигляді сил або пар сил (моментів).

Усі зовнішні сили (навантаження) можуть розглядатися як зосереджені чи розподілені.

У природі зосереджених сил немає. Усі реальні тіла практично контактують через невеликі площинки. Проте принцип Сен-Венана дозволяє розподілене навантаження замінити рівнодіючою силою, що спрощує розрахунок.

Зосереджені навантаження виражаються у ньютонах [Н] і позначаються літерою F .

Розподілені навантаження позначаються буквою q і вони бувають:

1. поверхневими (наприклад, тиск вітру, води на стіну), розмірність $[F/L^2]$.
2. об'ємними, їхня розмірність $[F/L^3]$.
3. розподіленими за довжиною (наприклад, силу тяжіння стержня, враховуючи невеликі розміри його поперечного перерізу, розглядають як розподілене навантаження за довжиною), розмірність $[F/L^1]$.

Зосереджені та розподілені навантаження можуть бути як статичними, так і динамічними.

Статичними називаються навантаження, які змінюють свою величину або точку прикладання з дуже невеликою швидкістю, так що прискореннями, що виникають при цьому, можна знехтувати.

Динамічними називаються навантаження, що змінюються у часі з великою швидкістю. Виникаючі при цьому сили інерції можуть багаторазово перевищувати ті ж самі навантаження, прикладені статично.

Закони зміни навантажень у часі можуть мати дуже складний характер.

У опорі матеріалів основним елементом конструкції, що вивчається, є брус – тіло, у якого один з лінійних розмірів (довжина) значно перевищує два інших, що визначають поперечний переріз. При роботі конструкції її елементи сприймають зовнішні сили і їх дію передають одне одному.

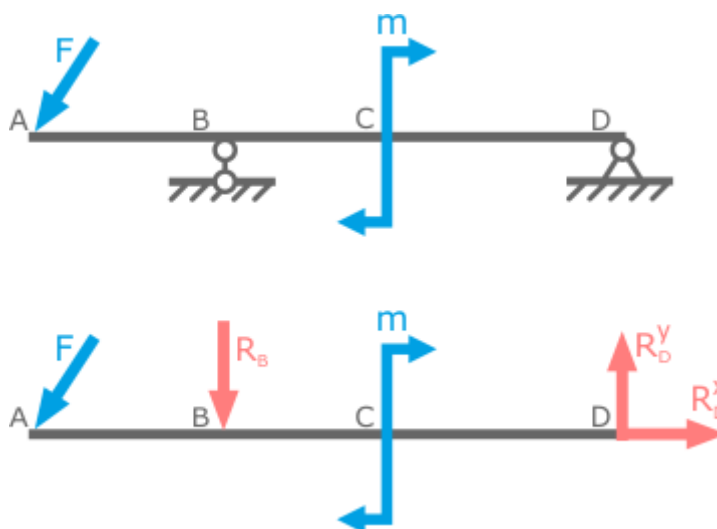
Класифікація зовнішніх навантажень

Зовнішні сили поділяються на активні та реактивні (реакції в'язів). Активні в'язі називають навантаженнями.

За способом застосування навантаження бувають об'ємні та поверхневі, розподілені та зосереджені, за характером зміни в процесі застосування – статичні, динамічні та повторно-змінні, за тривалістю дії – постійні та тимчасові.

Реакції опор

Опорними називають реакції в'язей, що виникають в опорах під дією зовнішніх навантажень і утримують елемент або конструкцію в статичній рівновазі.



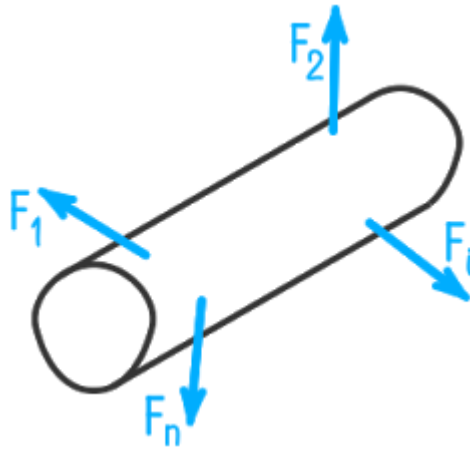
Заміна опор їх реакціями

При розрахунку елементів конструкцій реакції опор також виступають як зовнішні зусилля прикладених до розглянутого тіла.

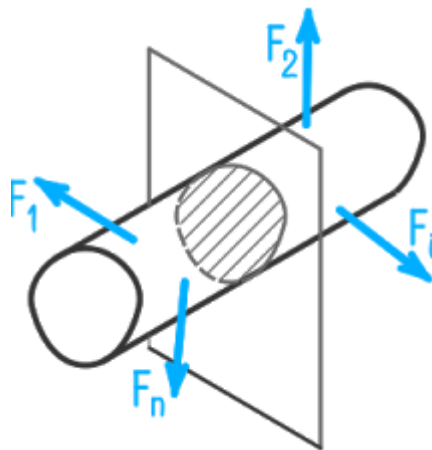
Внутрішні силові фактори

Внутрішні силові фактори (зусилля) виникають у результаті деформації бруса, коли під дією зовнішніх навантажень відбувається зміна взаємного розташування елементарних частинок тіла.

За своєю природою внутрішніми силовими факторами є взаємодія частинок тіла, що забезпечує його цілісність і спільність деформацій. Для визначення цих зусиль застосовують метод перерізів.

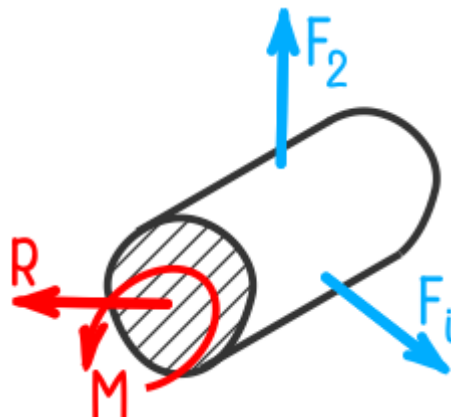


Треба подумки розсікти брус, що знаходиться в рівновазі, на дві частини

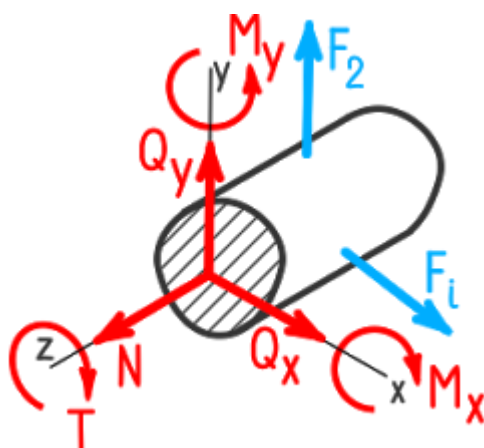


та розглянути рівновагу однієї з них.

Дію зусиль відкинutoї частини бруса замінимо внутрішньою силою R і внутрішнім моментом M , які рівноважують розглянуту частину.



Для спрощення розрахунків силу R і момент M прийнято розкласти на складові зусилля щодо осей координат x , y і z .



Таким чином, під дією зовнішніх навантажень у поперечному перерізі бруса можуть виникати такі внутрішні силові фактори:

- $N_z = N$ — поздовжня сила, що розтягує (стискає);
- $M_z = T$ – крутний (скручуючий) момент;
- Q_x (Q_y) = Q – поперечні сили;
- M_x (M_y) = M – згинальні моменти.

Кожен внутрішній силовий фактор визначається з відповідного рівняння рівноваги частини, що залишилася після розсічення бруса (рівняння статyki):

Метод перерізів (РВЗВ)

Метод перерізів (іноді його називають РВЗВ) – найбільш зручний спосіб визначення внутрішніх силових факторів для побудови їх епюр, що розглядає рівновагу відсічених частин бруса.

РВЗВ - розшифровується так:

- Розсікаємо (подумки) брус на дві частини;
- Відкидаємо одну із частин;
- Замінюємо її дію внутрішніми зусиллями;
- Врівноважуємо розглянуту частину визначаючи величину внутрішніх силових факторів.

Цей метод використовується при побудові епюр внутрішніх зусиль.

Суть методу перерізів

Брус розсікається на дві частини та розглядається лише одна його частина, а вплив на неї іншої частини замінюється відповідними внутрішніми зусиллями, що визначаються з умови рівноваги.

Основні види деформації

До основних видів деформації відносять: розтягування-стискання, чистий зсув, кручення та плоский згин. Інші види деформацій є їх комбінацією.

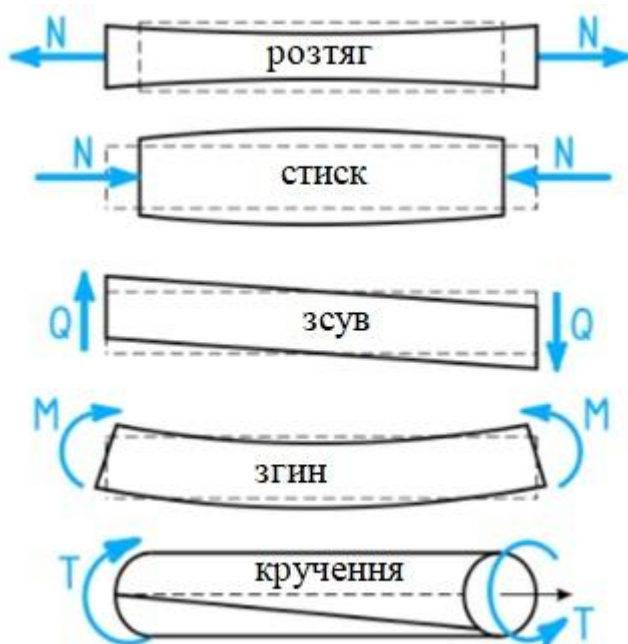
При найпростіших випадках навантаження бруса в його поперечних перерізах виникає один внутрішній силовий фактор.

- Якщо в поперечному перерізі бруса має місце лише внутрішня поздовжня сила N , така деформація називається розтягуванням або стисненням;

- Випадок, коли у поперечних перерізах бруса є лише поперечна сила Q називається зсувом;

- Якщо в перерізі бруса виникає тільки внутрішній момент, що крутить T , то така деформація називається крученням (скручуванням);

- Згин – вид навантаження, при якому в поперечних перерізах бруса діє згинальний момент M .



Основні види деформації

Механічні характеристики матеріалів

Механічними характеристиками матеріалів називають їх пружні властивості, що характеризують здатність чинити опір руйнуванню (міцність) та деформаціям (жорсткість).

Різноманітність матеріалів, що використовуються при виготовленні елементів конструкцій, пояснюється тим, що різні матеріали мають різні властивості, які використовуються інженерами для вирішення тих чи інших технологічних завдань.

Дослідження механічних характеристик необхідно для того, щоб враховувати відповідні властивості матеріалів при розрахунках на міцність, жорсткість та стійкість.

При розрахунках на міцність використовуються такі характеристики матеріалів як межа текучості та межа міцності. Вони застосовуються переважно для визначення величини допустимих напружень (розрахункового опору) у відповідних елементах конструкцій.

Межа пропорційності встановлює межу дії закону Гука.

Інтервал напружень, у межах якого в елементах конструкцій мають місце виключно пружні деформації, обмежується межею пружності.

Модулі пружності I роду (модуль Юнга) і II роду (модуль зсуву) показують пружні властивості матеріалів, і характеризують їх здатність чинити опір поздовжнім і зсувним деформаціям відповідно.

Коефіцієнт Пуассона (поперечної деформації) встановлює залежність між поздовжньою та поперечною деформаціями різних матеріалів.

Механічні характеристики для практично всіх матеріалів визначені експериментально та наведені у відповідних довідниках.

Основним експериментом визначення характеристик матеріалів є випробування на розтяг.

Розтяг і стиск

Розтягуванням і стиском називають такий вид деформації бруса, при якому в його поперечних перерізах виникає єдиний внутрішній силовий фактор – поздовжня сила N .

Брус при розтягуванні-стиску називають стержнем.

Для визначення поздовжньої сили використовується метод перерізів:

$$N = \sum F_z$$

У перерізах бруса, віддалених більш ніж на величину h від торців (місць навантаження), зусилля N виходячи з принципу Сен-Венана рівномірно розподіляється по площі поперечного перерізу, викликаючи нормальні напруження:

$$\sigma = \frac{N}{A}$$

Напруження та деформації взаємопов'язані законом Гука

$$\sigma = E\varepsilon$$

де:

E – модуль пружності I роду (модуль Юнга), є постійною величиною даного матеріалу і характеризує його жорсткість.

Зміна довжини ділянки бруса постійного перерізу обчислюється за формулою

$$\Delta l_i = \frac{N_i l_i}{E_i A_i} = \sigma_i \frac{l_i}{E_i}$$

Величина $E_i A_i$ називається жорсткістю поперечного перерізу бруса при розтягуванні (стисненні).

Умова міцності при розтягуванні/стиску виражається нерівністю:

$$\sigma_{\max} = \frac{N_{\max}}{A} \leq [\sigma]$$

Тут

$$[\sigma] = \frac{\sigma_{\text{гран}}}{[n]}$$

$\sigma_{\text{гран}}$ — граничне (небезпечне) для даного матеріалу напруження;
 $[n]$ – нормативний коефіцієнт запасу міцності.

При розрахунку жорсткість розтягнутого (стисненого) бруса зазвичай визначають величину поздовжньої деформації, яка не має перевищувати допустимих значень, тобто.

$$\Delta l \leq [\Delta l]$$

Згин (деформація)

Згином називається вид деформації бруса, при якому в його поперечних перерізах, під дією зовнішніх навантажень виникають внутрішні згинальні моменти.

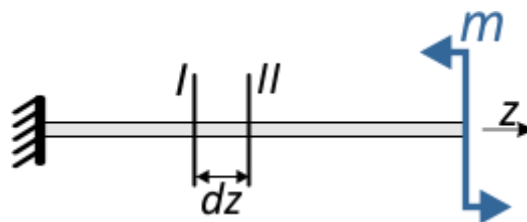
Деформація згину проявляється у викривленні поздовжньої осі бруса.

Брус із прямою віссю, що піддається згину, зазвичай називається балкою.

Якщо у перерізах балки виникає лише згинальний момент (поперечні сили відсутні), то згин називається чистим.

При згинанні одні шари балки розтягуються, а протилежні їм – стискаються.

З балки навантаженої лише згинальним моментом



перерізами I та II подумки виріжемо фрагмент довжиною dz

Як видно у цьому випадку верхні шари балки стиснуті, а нижні – розтягнуті.



При цьому найбільшому розтягуванню/стиску піддаються крайні нижній і верхній шари балки.

Між ними розташовано нейтральний шар, довжина якого внаслідок вигину балки не змінюється.

Нейтральний шар розташований на рівні центрів тяжкості поперечних перерізів балки, нормально до площини, в якій діють згинальні навантаження.

Лінія, утворена перетином нейтрального шару з поперечним перерізом балки називається нейтральною лінією перерізу.

В загальному випадку плоского прямого згину в поперечних перерізах балки виникають два внутрішніх силових фактори: згинальний момент M і поперечна сила Q . Такий згин називається поперечним.

Для конкретизації спрямування внутрішніх зусиль їм надаються відповідні індекси:

- M_x – момент, що згинає відносно осі x (у площині yOz);
- Q_y — сила, спрямована поперек балки вздовж осі y .

Плоский прямий (поперечний) згин виникає при дії на балку системи зовнішніх сил, перпендикулярних до її осі та лежачих у площині, що проходить через головну центральну вісь перерізу балки.

Вигнута вісь балки в цьому випадку – плоска крива, що збігається з площиною дії зовнішніх сил.

Для визначення внутрішніх силових факторів Q і M використовується метод перерізів.

Внутрішня сила Q у поперечному перерізі балки чисельно дорівнює алгебраїчній сумі проєкцій на площину перерізу всіх зовнішніх сил (активних та реактивних), що діють по одну сторону від перерізу, що розглядається.

Згинальний момент у поперечному перерізі чисельно дорівнює алгебраїчній сумі моментів зовнішніх сил і пар, обчислених відносно нейтральної осі аналізованого перерізу і діють по один бік від проведеного перерізу.

Графічні зображення функцій Q і M по довжині балки називають епюрами поперечних сил та згинальних моментів.

5. Критерії оцінювання

Оцінювання досягнень студентів здійснюється за допомогою прозорих процедур, що ґрунтуються на об'єктивних критеріях відповідно до Положення університету «Про оцінювання результатів навчання здобувачів вищої освіти».

Досягнутий рівень компетентностей відносно очікуваних результатів навчання, який визначено під час контрольних заходів, відображає реальний результат навчання студента за дисципліною.

5.1. Шкали

Оцінювання навчальних досягнень студентів НТУ «ДП» здійснюється за рейтинговою (100-бальною) та інституційною шкалами. Остання необхідна (за офіційною відсутністю національної шкали) для конвертації (переведення) оцінок здобувачів вищої освіти різних закладів.

Шкали оцінювання навчальних досягнень студентів НТУ «ДП»

Рейтингова	Інституційна
90...100	відмінно / Excellent
74...89	добре / Good
60...73	задовільно / Satisfactory
0...59	незадовільно / Fail

Кредити навчальної дисципліни зараховується, якщо студент отримав підсумкову оцінку не менше 60-ти балів. Нижча оцінка вважається академічною заборгованістю, що підлягає ліквідації відповідно до Положення про організацію освітнього процесу НТУ «ДП».

5.2. Засоби та процедури

Зміст засобів діагностики спрямовано на контроль рівня сформованості знань, умінь, комунікації, автономності та відповідальності студента за вимогами НРК (Національна рамка кваліфікацій) до відповідного кваліфікаційного рівня під час демонстрації регламентованих робочою програмою результатів навчання.

Студент під час контрольних заходів має виконувати завдання, орієнтовані виключно на демонстрацію дисциплінарних результатів навчання.

Засоби діагностики, що надаються студентам на контрольних заходах у вигляді завдань для поточного та підсумкового контролю, формуються шляхом конкретизації вихідних даних та способу демонстрації дисциплінарних результатів навчання.

Засоби діагностики (контрольні завдання) для поточного та підсумкового контролю дисципліни затверджуються кафедрою.

Види засобів діагностики та процедур оцінювання для поточного та підсумкового контролю дисципліни подано нижче.

Засоби діагностики та процедури оцінювання

ПОТОЧНИЙ КОНТРОЛЬ			ПІДСУМКОВИЙ КОНТРОЛЬ	
навчальне заняття	засоби діагностики	процедури	засоби діагностики	процедури
лекції	контрольні завдання кожною темою	виконання завдань під час лекцій		визначення середньозваженого результату поточних контролів;
практичні	контрольні завдання кожною темою	виконання завдань під час практичних занять	комплексна контрольна робота (ККР)	виконання ККР за бажанням студента

Під час поточного контролю лекційні заняття оцінюються шляхом визначення якості виконання контрольних конкретизованих завдань. практичні заняття оцінюються якістю виконання контрольного або індивідуального завдання.

Якщо зміст певного виду занять підпорядковано декільком дескрипторам, то інтегральне значення оцінки може визначатися з урахуванням вагових коефіцієнтів, що встановлюються викладачем.

За наявності рівня результатів поточних контролів з усіх видів навчальних занять не менше 60 балів, підсумковий контроль здійснюється без участі студента шляхом визначення середньозваженого значення поточних оцінок.

Незалежно від результатів поточного контролю кожен студент має право виконувати ККР, яка містить завдання, що охоплюють ключові дисциплінарні результати навчання.

Кількість конкретизованих завдань ККР повинна відповідати відведеному часу на виконання. Кількість варіантів ККР має забезпечити індивідуалізацію завдання.

Значення оцінки за виконання ККР визначається середньою оцінкою складових (конкретизованих завдань) і є остаточним.

Інтегральне значення оцінки виконання ККР може визначатися з урахуванням вагових коефіцієнтів, що встановлюється кафедрою для кожного дескриптора НРК.

5.3. Критерії

Реальні результати навчання студента ідентифікуються та вимірюються відносно очікуваних під час контрольних заходів за допомогою критеріїв, що описують дії студента для демонстрації досягнення результатів навчання.

Для оцінювання виконання контрольних завдань під час поточного контролю лекційних і практичних занять в якості критерію використовується коефіцієнт засвоєння, що автоматично адаптує показник оцінки до рейтингової шкали:

$$O_i = 100 a/m,$$

де a – число правильних відповідей або виконаних суттєвих операцій відповідно до еталону рішення; m – загальна кількість запитань або суттєвих операцій еталону.

Індивідуальні завдання та комплексні контрольні роботи оцінюються експертно за допомогою критеріїв, що характеризують співвідношення вимог до рівня компетентностей і показників оцінки за рейтинговою шкалою.

Зміст критеріїв спирається на компетентнісні характеристики, визначені НРК для відповідного рівня вищої освіти (подано нижче).

Загальні критерії досягнення результатів навчання для відповідного кваліфікаційного рівня за НРК

Опис кваліфікаційного рівня	Вимоги до знань, умінь/навичок, комунікації, відповідальності і автономії	Показник оцінки
Знання		
концептуальні наукові та практичні знання, критичне осмислення теорій, принципів, методів і понять у сфері професійної діяльності та/або навчання	Відповідь відмінна – правильна, обґрунтована, осмислена. Характеризує наявність: концептуальних знань; високого ступеню володіння станом питання; критичного осмислення основних теорій, принципів, методів і понять у навчанні та професійній діяльності	95-100
	Відповідь містить негрубі помилки або описки	90-94
	Відповідь правильна, але має певні неточності	85-89
	Відповідь правильна, але має певні неточності й недостатньо обґрунтована	80-84
	Відповідь правильна, але має певні неточності, недостатньо обґрунтована та осмислена	74-79
	Відповідь фрагментарна	70-73
	Відповідь демонструє нечіткі уявлення студента про об'єкт вивчення	65-69

Опис кваліфікаційного рівня	Вимоги до знань, умінь/навичок, комунікації, відповідальності і автономії	Показник оцінки
	Рівень знань мінімально задовільний	60-64
	Рівень знань незадовільний	<60
Уміння/навички		
поглиблені когнітивні та практичні уміння/навички, майстерність та інноваційність на рівні, необхідному для розв'язання складних спеціалізованих задач і практичних проблем у сфері професійної діяльності або навчання	Відповідь характеризує уміння: виявляти проблеми; формулювати гіпотези; розв'язувати проблеми; обирати адекватні методи та інструментальні засоби; збирати та логічно й зрозуміло інтерпретувати інформацію; використовувати інноваційні підходи до розв'язання завдання	95-100
	Відповідь характеризує уміння/навички застосовувати знання в практичній діяльності з негрубими помилками	90-94
	Відповідь характеризує уміння/навички застосовувати знання в практичній діяльності, але має певні неточності при реалізації однієї вимоги	85-89
	Відповідь характеризує уміння/навички застосовувати знання в практичній діяльності, але має певні неточності при реалізації двох вимог	80-84
	Відповідь характеризує уміння/навички застосовувати знання в практичній діяльності, але має певні неточності при реалізації трьох вимог	74-79
	Відповідь характеризує уміння/навички застосовувати знання в практичній діяльності, але має певні неточності при реалізації чотирьох вимог	70-73
	Відповідь характеризує уміння/навички застосовувати знання в практичній діяльності при виконанні завдань за зразком	65-69
	Відповідь характеризує уміння/навички застосовувати знання при виконанні завдань за зразком, але з неточностями	60-64
	рівень умінь/навичок незадовільний	<60

Опис кваліфікаційного рівня	Вимоги до знань, умінь/навичок, комунікації, відповідальності і автономії	Показник оцінки
Комунікація		
<p>донесення до фахівців і нефахівців інформації, ідей, проблем, рішень, власного досвіду та аргументації; збір, інтерпретація та застосування даних; спілкування з професійних питань, у тому числі іноземною мовою, усно та письмово</p>	<p>Вільне володіння проблематикою галузі. Зрозумілість відповіді (доповіді). Мова: правильна; чиста; ясна; точна; логічна; виразна; лаконічна.</p> <p>Комунікаційна стратегія: послідовний і несуперечливий розвиток думки; наявність логічних власних суджень; доречна аргументації та її відповідність відстоюваним положенням; правильна структура відповіді (доповіді); правильність відповідей на запитання; доречна техніка відповідей на запитання; здатність робити висновки та формулювати пропозиції</p>	95-100
	<p>Достатнє володіння проблематикою галузі з незначними хибами.</p> <p>Достатня зрозумілість відповіді (доповіді) з незначними хибами.</p> <p>Доречна комунікаційна стратегія з незначними хибами</p>	90-94
	<p>Добре володіння проблематикою галузі. Добра зрозумілість відповіді (доповіді) та доречна комунікаційна стратегія (сумарно не реалізовано три вимоги)</p>	85-89
	<p>Добре володіння проблематикою галузі. Добра зрозумілість відповіді (доповіді) та доречна комунікаційна стратегія (сумарно не реалізовано чотири вимоги)</p>	80-84
	<p>Добре володіння проблематикою галузі. Добра зрозумілість відповіді (доповіді) та доречна комунікаційна стратегія (сумарно не реалізовано п'ять вимог)</p>	74-79
	<p>Задовільне володіння проблематикою галузі.</p>	70-73

Опис кваліфікаційного рівня	Вимоги до знань, умінь/навичок, комунікації, відповідальності і автономії	Показник оцінки
	Задовільна зрозумілість відповіді (доповіді) та доречна комунікаційна стратегія (сумарно не реалізовано сім вимог)	
	Часткове володіння проблематикою галузі. Задовільна зрозумілість відповіді (доповіді) та комунікаційна стратегія з хибами (сумарно не реалізовано дев'ять вимог)	65-69
	Фрагментарне володіння проблематикою галузі. Задовільна зрозумілість відповіді (доповіді) та комунікаційна стратегія з хибами (сумарно не реалізовано 10 вимог)	60-64
	Рівень комунікації незадовільний	<60
Відповідальність і автономія		
управління складною технічною або професійною діяльністю чи проектами; спроможність нести відповідальність за вироблення та ухвалення рішень у непередбачуваних робочих та/або навчальних контекстах; формування суджень, що враховують соціальні, наукові та етичні аспекти; організація та керівництво професійним розвитком осіб та	Відмінне володіння компетенціями менеджменту особистості, орієнтованих на: 1) управління комплексними проектами, що передбачає: дослідницький характер навчальної діяльності, позначена вмінням самостійно оцінювати різноманітні життєві ситуації, явища, факти, виявляти і відстоювати особисту позицію; здатність до роботи в команді; контроль власних дій; 2) відповідальність за прийняття рішень в непередбачуваних умовах, що включає: обґрунтування власних рішень положеннями нормативної бази галузевого та державного рівнів; самостійність під час виконання поставлених завдань; ініціативу в обговоренні проблем; відповідальність за взаємовідносини; 3) відповідальність за професійний розвиток окремих осіб та/або груп осіб, що передбачає: використання професійно-орієнтованих	95-100

Опис кваліфікаційного рівня	Вимоги до знань, умінь/навичок, комунікації, відповідальності і автономії	Показник оцінки
груп; здатність продовжувати навчання із значним ступенем автономії	навичок; використання доказів із самостійною і правильною аргументацією; володіння всіма видами навчальної діяльності; 4) здатність до подальшого навчання з високим рівнем автономності, що передбачає: ступінь володіння фундаментальними знаннями; самостійність оцінних суджень; високий рівень сформованості загальнонавчальних умінь і навичок; самостійний пошук та аналіз джерел інформації	
	Упевнене володіння компетенціями менеджменту особистості (не реалізовано дві вимоги)	90-94
	Добре володіння компетенціями менеджменту особистості (не реалізовано три вимоги)	85-89
	Добре володіння компетенціями менеджменту особистості (не реалізовано чотири вимоги)	80-84
	Добре володіння компетенціями менеджменту особистості (не реалізовано шість вимог)	74-79
	Задовільне володіння компетенціями менеджменту особистості (не реалізовано сім вимог)	70-73
	Задовільне володіння компетенціями менеджменту особистості (не реалізовано вісім вимог)	65-69
	Рівень відповідальності і автономії фрагментарний	60-64
	Рівень відповідальності і автономії незадовільний	<60

6. Рекомендовані джерела інформації

Базові

1. Азнакаєв Е. Г. Біофізика : [навч. посіб.]. – К. : Книжкове вид-во НАУ, 2005. – 308 с
2. Біофізика : Підруч . для студ . біолог ., медичних та фізичних факультетів ВУЗів / Під ред . П.Г.Костюка . - К.: Обереги , 2001. – 544 с.
3. Біофізика і біомеханіка : підручник / В. С. Антонюк, М. О. Бондаренко, В. А. Ващенко та ін. – Київ : НТУУ «КПІ», 2012. – 346 с.
4. Павловський М.А. Теоретична механіка: Підручник. – К.: Техніка, 2002. – 512с
5. Писаренко Г.С., Квітка О.Л., Уманський Е.С. Опір матеріалів: Підручник/ За ред. Г. С. Писаренка. – К.: Вища шк., 2004. – 655 с.

Допоміжні

1. Літнарівич Р.М. Біофізика. Медична фізика, теоретична і прикладна фізика. – Рівне: МЕРУ, 2011. – 208 с.
2. Лапутін А.М., Хаменко Б.Г., Хабінець Т.О., Гамалій В.В. Методичні розробки з теоретичного курсу “Біомеханіка” – тези лекцій з біомеханіки”” КДПІ ім. М.П. Драгоманова, КДІФК,1993. – 22 с.
3. Баженов В. А., Перельмутер А. В., Шишов О. В. Будівельна механіка. Комп'ютерні технології. Підручник. — К. : Каравела, 2009. — 696 с