

Міністерство освіти і науки України
Дніпровський державний технічний університет
Дніпровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В.Лазаряна

О. Д. Романюк
Л. П. Теліпко
С. В. Ракша

ТЕОРЕТИЧНА ТА ПРИКЛАДНА МЕХАНІКА

КОРОТКИЙ КУРС

(для здобувачів першого(бакалаврського) рівня закладу вищої освіти)

Навчальний посібник

Рекомендовано

*Вченою радою Дніпровського державного технічного університету
як навчальний посібник для здобувачів першого (бакалаврського) рівня
закладу вищої освіти*

Кам'янське
«ДДТУ»
2021

УДК 531.8:620.1:621.01(075.8)

Р69

Рецензенти:

С.В.Білодіденко – д.т.н., професор, завідувач кафедри «Машини і агрегати металургійного виробництва» національної металургійної академії України

С.В.Шатов – д.т.н., професор кафедри будівельних і дорожніх машин Придніпровської державної академії будівництва та архітектури

Л.Н.Ширін – д.т.н., професор кафедри транспортних систем і технологій національного технічного університету «Дніпровська політехніка»

*Рекомендовано Вченою радою Дніпровського державного технічного університету
як навчальний посібник для здобувачів першого бакалаврського рівня*

закладу вищої освіти

(лист № 9 від 24.12.2020 р.)

Романюк О.Д., Теліпко Л.П., Ракша С.В.

Р69 Теоретична та прикладна механіка. Короткий курс /О.Д. Романюк, Л.П. Теліпко, С.В. Ракша. Кам'янське: ДДТУ, 2021. 282 с.

Навчальний посібник містить короткий курс теоретичної та прикладної механіки, який написано відповідно до навчальних та робочих програм з дисципліни теоретична та прикладна механіка за результатами науково-педагогічної діяльності у галузях немеханічних спеціальностей. В стислій формі викладено основні теоретичні положення з теоретичної механіки, опору матеріалів та деталей машин.

Посібник призначений для студентів денної та заочної форми навчання немеханічних спеціальностей.

УДК 531.8:620.1:621.01(075.8)

ISBN

ISBN

© О.Д. Романюк, Л.П. Теліпко, С.В. Ракша
© ДДТУ. 2021

ЗМІСТ

ВСТУП	10
Частина I ТЕОРЕТИЧНА МЕХАНІКА	12
Розділ I. СТАТИКА	12
1. Основні поняття та визначення статички	13
1.1. Аксиоми статички	14
1.2. В'язі та їхні реакції	16
2. Система збіжних сил	20
2.1. Геометричний спосіб визначення рівнодійної	20
2.2. Аналітичний спосіб визначення рівнодійної	21
2.3. Рівняння рівноваги системи збіжних сил	22
2.4. Теорема про три сили	23
3. Момент сили відносно точки і осі	23
3.1. Момент сили відносно точки	23
3.2. Теорема Варіньона для системи збіжних сил	25
3.3. Момент сили відносно осі	26
4. Система паралельних сил	27
4.1. Додавання двох паралельних сил	27
4.2. Теорія пар сил	30
5. Довільна система сил. Умови рівноваги довільної системи сил	32
5.1. Теорема про паралельне перенесення сили	32
5.2. Зведення системи сил до центру	32
5.3. Умови рівноваги просторової системи сил	34
5.3.1. Просторова система паралельних сил	35
5.3.2. Довільна система сил, розміщених у площині	36
5.3.3. Система паралельних сил, розміщених у площині	36
6. Контрольні питання для самоперевірки	37
Розділ II. КІНЕМАТИКА	38
1. Кінематика точки	38
1.1. Способи задавання руху точки	38
1.2. Швидкість точки	40
1.3. Прискорення точки	43
1.4. Окремі випадки руху точки	46
2. Кінематика твердого тіла	47
2.1. Поступальний рух твердого тіла	47
2.2. Обертальний рух твердого тіла навколо нерухомої осі	48

2.2.1. Рівняння руху, кутова швидкість і кутове прискорення	48
2.2.2. Окремі випадки обертання тіла навколо нерухомої осі	50
2.2.3. Лінійні швидкість і прискорення точки тіла при обертанні навколо нерухомої осі	51
2.3. Плоско-паралельний рух твердого тіла	53
2.3.1. Рівняння плоско-паралельного руху	53
2.3.2. Розкладання плоско-паралельного руху	53
2.3.3. Визначення швидкостей точки при плоско-паралельному русі	54
2.3.4. Миттєвий центр швидкостей	55
2.4. Прискорення точок при плоско-паралельному русі тіла	56
3. Контрольні питання для самоперевірки	
Розділ III. ДИНАМІКА	59
1. Динаміка точки	60
1.1. Диференціальні рівняння руху вільної матеріальної точки	61
1.1.1. Векторний спосіб задавання руху	61
1.1.2. Координатний спосіб задавання руху	61
1.1.3. Природний спосіб задавання руху	61
1.2. Основні задачі динаміки матеріальної точки	62
1.2.1. Розв'язування прямої задачі динаміки матеріальної Точки	63
1.2.2. Розв'язування оберненої задачі динаміки матеріальної Точки	63
2. Динаміка механічних систем	64
2.1. Внутрішні та зовнішні сили	64
2.2. Центр мас механічної системи	65
2.3. Момент інерції механічної системи відносно осі	66
3. Загальні теореми динаміки точки і матеріальної системи	67
3.1. Теорема про рух центра мас матеріальної системи	67
3.2. Теорема про зміну кількості руху матеріальної точки і Системи	69
3.2.1. Кількість руху точки і системи. Імпульс сили	69
3.2.2. Теорема про зміну кількості руху точки	69
3.2.3. Теорема про зміну кількості руху системи	70
3.3. Теорема про зміну моменту кількості руху матеріальної точки і системи	72
3.3.1. Момент кількості руху точки і системи	72

3.3.2. Теорема про зміну моменту кількості руху матеріальної точки відносно центра та осі	73
3.3.3. Теорема про зміну кінетичного моменту матеріальної системи відносно центра і осі	74
3.4. Теорема про зміну кінетичної енергії матеріальної точки та системи	76
3.4.1. Кінетична енергія матеріальної точки і твердого тіла	76
3.4.2. Робота сили	78
3.4.3. Потужність	82
3.4.4. Теорема про зміну кінетичної енергії матеріальної точки	82
3.4.5. Теорема про зміну кінетичної енергії матеріальної системи	83
3.4.6. Силове поле. Потенціальна енергія	84
4. Контрольні питання для самоперевірки	86
Частина II. ОПІР МАТЕРІАЛІВ	88
Розділ I. ВСТУП	88
1.1. Наука про опір матеріалів. Розрахункова схема	88
1.2. Види деформацій	91
1.3. Зовнішні сили	91
1.4. Внутрішні сили. Метод перерізів	92
1.5. Напруження	94
1.6. Основні гіпотези в опорі матеріалів	95
Контрольні питання для самоперевірки	95
Розділ 2. РОЗТЯГАННЯ ТА СТИСКАННЯ	96
2.1. Поздовжні зусилля	96
2.2. Напруження в поперечних та похилих перерізах стержня	97
2.3. Деформації при розтяганні – стисканні	101
2.4. Механічні характеристики матеріалів	103
2.5. Основи інженерних розрахунків на міцність	108
Контрольні питання для самоперевірки	110
Розділ 3. ТЕОРІЯ НАПРУЖЕНОГО СТАНУ	111
3.1. Поняття про напружений стан	111
3.2. Аналіз плоского напруженого стану	112
3.3. Головні площадки та головні напруження	115
3.4. Екстремальні дотичні напруження	116

3.5. Узагальнений закон Гука	117
3.6. Об'ємна деформація	119
3.7. Питома потенціальна енергія деформації	121
3.8. Чистий зсув	123
3.9. Основні гіпотези міцності	124
Контрольні питання для самоперевірки	129
Розділ 4. КРУЧЕННЯ	130
4.1. Деформація кручення. Внутрішні зусилля	131
4.2. Напруження та деформації при крученні валу круглого перерізу	132
4.3. Розрахунок валів на міцність та жорсткість	137
4.4. Розрахунок гвинтових пружин з малим кроком витка	140
Контрольні питання для самоперевірки	143
Розділ 5. ЗГИНАННЯ	145
5.1. Деформація згинання. Опори та опорні реакції. Типи балок	145
5.2. Внутрішні зусилля при згинанні	147
5.3. Диференціальні залежності при згинанні	150
5.4. Визначення нормальних напружень	154
5.5. Дотичні напруження при згинанні	162
5.6. Головні напруження при поперечному згинанні	165
5.7. Розрахунок балок на міцність	167
5.8. Диференціальне рівняння зігнутої осі балки	169
5.9. Визначення переміщень безпосереднім інтегруванням рівняння пружної лінії	171
5.10. Метод початкових параметрів	172
5.11. Розрахунок балок на жорсткість	174
Контрольні питання для самоперевірки	175
Розділ 6. СКЛАДНИЙ ОПІР	177
6.1. Основні поняття	177
6.2. Неплоске та косе згинання	177
6.3. Згинання з розтяганням або стисканням	181
6.4. Згинання з крученням	182
Контрольні питання для самоперевірки	187

Розділ 7. СТІЙКІСТЬ СТИСНУТИХ СТЕРЖНІВ	189
7.1. Види пружної рівноваги. Критична сила	189
7.2. Формула Ейлера для критичної сили	190
7.3. Вплив умов закріплення кінців стержня на значення критичної сили	193
7.4. Втрата стійкості за границею пропорціональності (формула Ясинського)	195
7.5. Практичний метод розрахунку на стійкість	197
Контрольні питання для самоперевірки	199
Частина III. ДЕТАЛІ МАШИН	201
Розділ I КРИТЕРІЇ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ТА НАДІЙНОСТІ	201
1. Навантаження в машинах	201
2. Критерії працездатності деталей машин	202
3. Критерії надійності деталей машин	205
4. Контрольні питання для самоперевірки	205
Розділ II МЕХАНІЧНІ ПЕРЕДАЧІ	206
1. Циліндричні зубчасті передачі	207
1.1. Типи циліндричних передач	207
1.2. Геометричні параметри прямозубого зачеплення	208
1.3. Особливості геометрії косозубих передач	210
1.4. Розрахунок на міцність циліндричних зубчастих передач	211
2. Конічні зубчасті передачі	218
2.1. Основні відомості	218
2.2. Геометричні параметри конічної передачі	219
2.3. Зусилля в зачепленні прямозубої конічної передачі	220
2.4. Розрахунок на міцність прямозубої конічної передачі	221
3. Черв'ячні передачі	222
3.1. Основні відомості	222
3.2. Геометричні параметри передачі	222
3.3. Кінематичні параметри передачі	224
3.4. Зусилля в зачепленні	225
3.5. Розрахунок на міцність черв'ячних передач	226
3.6. Тепловий розрахунок передачі	227
4. Фрикційні передачі	228
4.1. Основні відомості та групи фрикційних передач	228
4.2. Фактори визначаючі якість фрикційних передач	231

4.3. Основи розрахунку на міцність фрикційних передач	232
5. Пасові передачі	232
5.1. Основні відомості та класифікація	232
5.2. Геометричні та кінематичні параметри передач	233
5.3. Сили та силові залежності	235
5.4. Основи розрахунку передач	236
5.5. Плоско-пасові та клиноремінні передачі	236
6. Ланцюгові передачі	238
6.1. Основні відомості	238
6.2. Основні характеристики передач	239
6.3. Приводні ланцюги	240
6.4. Зірочки приводних ланцюгів	242
6.5. Зусилля в ланцюговій передачі	242
6.6. Критерії працездатності та розрахунок	242
7. Контрольні питання для самоперевірки	243
Розділ III. ВАЛИ ТА ОСІ	245
1. Типи валів	246
2. Конструктивні елементи валів	246
3. Матеріали валів. Критерії працездатності	247
4. Проектний розрахунок валів	248
5. Розрахунок валів на втомливість	249
6. Контрольні питання для самоперевірки	251
Розділ IV. ПІДШИПНИКИ	252
1. Підшипники ковзання	252
1.1. Конструкція та область використання	252
1.2. Умови роботи та види руйнування	253
1.3. Розрахунок підшипників ковзання	254
2. Підшипники кочення	254
2.1. Конструкція та область використання	254
2.2. Класифікація підшипників кочення і їх маркірування	255
2.3. Практичний розрахунок (вибір) підшипників кочення	257
3. Контрольні питання для самоперевірки	258
Розділ V. МУФТИ	259
1. Загальні відомості	259
2. Некеровані муфти	260

3. Керовані муфти	263
4. Самокеровані муфти	265
5. Контрольні питання для самоперевірки	266
Розділ VI . З'ЄДНАННЯ ДЕТАЛЕЙ	268
1. Роз'ємні з'єднання	268
1.1. Різьбові з'єднання	268
1.2. Шпонкові з'єднання	270
1.3. Штифтові з'єднання	273
1.4. Шліцові з'єднання	274
2. Нероз'ємні з'єднання	275
2.1. Зварні з'єднання	275
2.2. Заклепкові з'єднання	277
2.3. З'єднання паянням та склеюванням	278
3. Контрольні питання для самоперевірки	279
ЛІТЕРАТУРА	281

ВСТУП

Сучасний інженер повинен володіти новими методами розрахунку та конструювання нових швидкохідних автоматизованих та високовиробничих машин. Раціонально спроектована машина повинна задовольняти соціальним вимогам – безпеці обслуговування персоналу, а також експлуатаційним, економічним і виробничим вимогам. Але відомо що, такі основні критерії як: міцність, надійність, довговічність та економічність чи естетичність є протилежними факторами. Тому конструктивне рішення повинно відповідати «золотій середині».

Для виконання такого роду задач здобувач освіти повинен глибоко вивчити та оволодіти основними положеннями теоретичної механіки, опору матеріалів та деталей машин, які дають можливість враховувати всі необхідні вимоги для вибору «золотої середини» в процесі дослідження та проектування кінематичних схем машин різних типів.

Навчальний посібник «Теоретична та прикладна механіка» в якому стисло викладені програмні матеріали теоретичної механіки, опору матеріалів та деталей машин написаний відповідно до програм підготовки спеціалістів немеханічного профілю ставить за мету поглибити та узагальнити теоретичні знання, а також використовувати ці знання в комплексному рішенні конкретної інженерної задачі по дослідженню та розрахунку механізмів і машин.

Для спеціалістів електромашинобудівельних, металургійних, хіміко-технологічних галузей промисловості знання теоретичної механіки, опору матеріалів та деталей машин також крайнє необхідне, так як дозволяє більш розширено зрозуміти роботу технологічного обладнання і відповідно забезпечувати надійність та довговічність його експлуатації.

За структурою навчальний посібник складається з трьох частин.

В першій частині викладено теоретичну механіку предметом якої є вивчення найбільш узагальнених законів механічного руху та рівноваги матеріальних об'єктів. Наведені такі розділи як: статика – розглядаються загальні відомості про сили та встановлюються умови рівноваги матеріальних тіл під дією різних систем сил; кінематика – розглядає механічний рух матеріальної точки, системи матеріальних точок та абсолютно твердого тіла на площині чи в просторі за відповідний проміжок часу, без урахування сил, які обумовлюють цей рух; динаміка – розглядає рух матеріальних тіл під дією зовнішніх сил прикладених до них

В другій частині викладено опір матеріалів предметом якого є

вивчення понять міцності, жорсткості та стійкості деталей машин та елементів споруд. Також опір матеріалів дає знання про механічні властивості матеріалів та процедуру їх визначення.

Наведені такі розділи як: розрахунки на міцність та жорсткість при розтяганні-стисканні, крученні валів круглого перерізу; теорія напруженого стану; розрахунки на міцність та жорсткість при плоскому згинанні; задачі складного опору і стійкість стиснутих стержнів.

В третій частині викладено деталі машин предметом яких є вивчення конструкції механізмів та розрахунку й конструювання складових елементів машин. Наведені такі розділи як: критеріїв працездатності деталей машин – розглянуті критерії міцність, жорсткість, зносостійкість, теплостійкість, вібростійкість; механічні передачі – розглянуті передачі зачепленням (зубчасті, черв'ячні, ланцюгові) та передачі тертям (фрикційні, пасові) їх конструкція розрахунок та проектування; вали та осі – розглянуто конструктивні особливості та основи проектного і перевірного розрахунку валів; підшипники – розглянуто класифікацію підшипників їх конструкцію, вибір та перевірку на довговічність; муфти – розглянуто класифікацію муфт їх використання, конструкцію та розрахунок; з'єднання деталей – розглянуто роз'ємні та нероз'ємні з'єднання деталей їх використання, конструкція і розрахунок.

Теоретична та прикладна механіка є однією з основних загальноосвітніх інженерних дисциплін і грає дуже важливу роль у формуванні технічного кругозору фахівців усіх немеханічних спеціальностей, так як розуміння проблем міцності, надійності та довговічності наряду пов'язано з безаварійною експлуатацією будь якого технологічного обладнання.

Основні питання курсу теоретична та прикладна механіка ілюстровані прикладами, однак їх кількість невелика і вони не складні. Планується написати окремий посібник, присвячений практичним прикладам і задачам. В ньому також будуть наведені завдання для розрахунково-проектувальних робіт та приклади їх виконання з пояснюваннями.

Частина I

ТЕОРЕТИЧНА МЕХАНІКА

Теоретична механіка — це наука про найбільш загальні закони механічного руху і рівноваги матеріальних об'єктів.

Основні поняття та визначення теоретичної механіки виникли на підставі численних дослідів і спостережень над явищами природи з відповідним абстрагуванням від конкретних умов. У теоретичній механіці користуються граничними абстракціями: матеріальна точка і абсолютно тверде тіло. Наведені абстракції дозволяють вивчати самі загальні закони механічного руху, що і відповідає основному завданню теоретичної механіки. Теоретична механіка є основою для вивчення таких дисциплін як опір матеріалів, теорія механізмів і машин та деталі машин.

Курс теоретичної механіки складається з трьох частин:

- **Статики;**
- **Кінематики;**
- **Динаміки.**

Розділ I. СТАТИКА

Статика — розділ теоретичної механіки, в якому розглядаються загальні відомості про сили та встановлюються умови рівноваги матеріальних тіл під дією різних систем сил.

Під рівновагою тіла розуміють його стан відносного спокою або рівномірного прямолінійного руху.

Усі тіла в природі під дією різних систем сил змінюють свою форму й розміри, тобто деформуються. Завдяки невеликим деформаціям в першому наближенні можна вважати, що тіло абсолютно тверде. В курсі теоретичної механіки розглядають задачі про статичну рівновагу лише абсолютно твердих тіл.

Матеріальна точка — це матеріальне тіло, розмірами якого за умовою задачі можна знехтувати.

В статистиці розглядають дві основні задачі:

- додавання сил і зведення даної системи сил до найпростішої — їй еквівалентної;
- визначення умов рівноваги системи сил, що діють на абсолютно тверде тіло.

1. Основні поняття та визначення статички

Сила — міра взаємодії між тілами. В механіці силу розглядають як кількісну міру механічної взаємодії одного тіла з іншим. Сила, яка діє на тіло, характеризується трьома параметрами: скалярною величиною (модулем $|\vec{F}|$, або F); векторною величиною (\vec{F} , чи лінія дії); точкою прикладання (точка A) рис.1.1. В системі СІ сила вимірюється в ньютоних [Н].

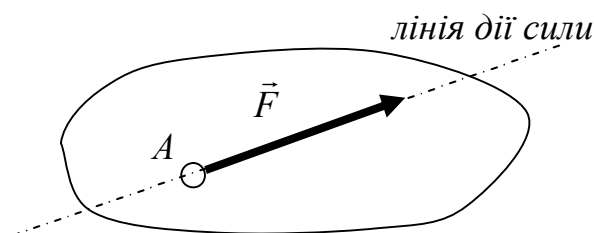


Рис. 1.1

Усі сили, які розглядає механіка, можна поділити на два основні класи: сили, що виникають тільки при безпосередньому стиканні тіл, і сили, які можуть діяти за відсутності безпосереднього контакту між тілами.

До *першого* класу належать пружні сили і сили тертя; до *другого* — сили всесвітнього тяжіння або гравітаційні сили. У свою чергу сили поділяються на внутрішні й зовнішні, активні сили і реакції в'язей, зосереджені в одній точці або розподілені по поверхні, сталі й змінні.

Системою сил називають сукупність кількох сил, що діють на тіло.

Еквівалентними називають дві системи сил, які однаково впливають на тіло

$$[\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3, \dots, \vec{F}_n] \equiv [\vec{Q}_1, \vec{Q}_2, \vec{Q}_3, \dots, \vec{Q}_n].$$

Сила, яка еквівалентна заданій системі сил, є **рівнодійна сила** і позначається \vec{R} :

$$\vec{R} \equiv [\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3, \dots, \vec{F}_n].$$

Сила, яка дорівнює за модулем рівнодійній і протилежна їй за напрямом, називається **зрівноважувальна**.

$$\vec{R} = -\vec{P}.$$

Система сил, яка не порушує стану рівноваги тіл, називається зрівноваженою системою або системою, яка еквівалентна нулю.

$$[\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3, \dots, \vec{F}_n] \equiv 0.$$

1.1. Аксиоми статички

Аксиома 1. (*аксіома про зрівноважування сил*) Дві сили, що діють на вільне абсолютно тверде тіло, зрівноважуються тоді і тільки тоді, коли вони однакові за модулем ($F_1 = F_2$), і вектори яких спрямовані вздовж однієї прямої у протилежних напрямках (рис.1.2).

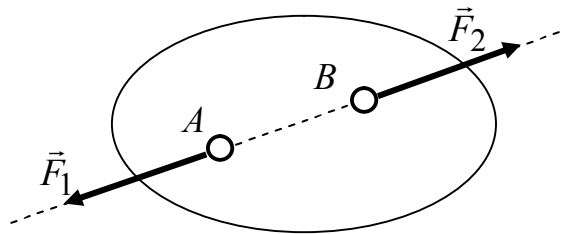


Рис. 1.2

Аксиома 2. (*аксіома про додавання сил*) Дія заданої системи сил на абсолютно тверде тіло не зміниться, якщо до неї додати або відняти зрівноважену систему сил (рис.1.3).

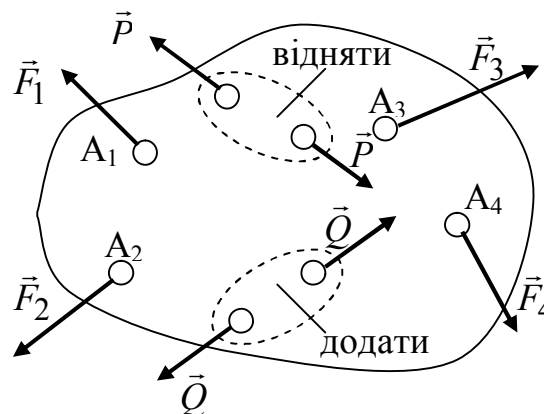


Рис. 1.3

Висновок з аксіом 1-2.

Не змінюючи дії сили на абсолютно тверде тіло, її можна переносити вздовж її лінії дії, тобто сила є ковзний вектор.

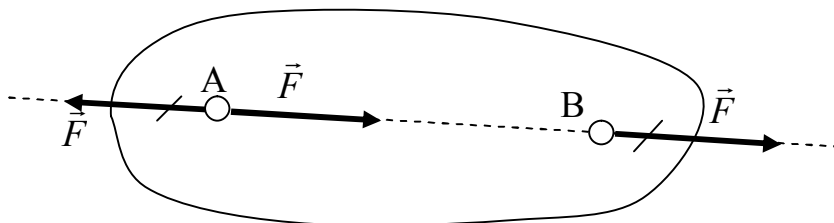


Рис. 1.4

Аксіома 3 (*аксіома про паралелограм сил*). Рівнодійна двох сил, що прикладені до абсолютно твердого тіла в одній точці під кутом одна до одної, спрямована по діагоналі паралелограма, побудованого на цих силах як на сторонах (рис. 1.5), і дорівнює їх геометричній сумі.

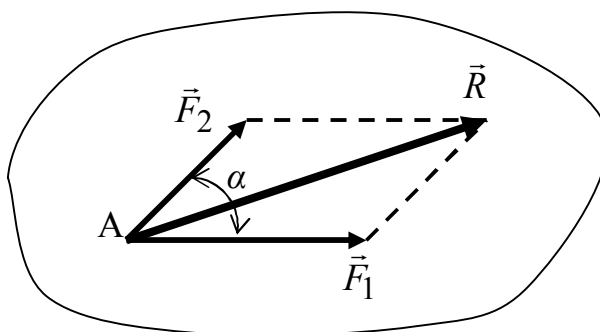


Рис. 1.5

$$\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2.$$

Модуль рівнодійної визначається рівнянням

$$R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2 \cdot F_1 \cdot F_2 \cdot \cos \alpha}.$$

Якщо: а) $\alpha = 0^\circ$, то $R = F_1 + F_2$;

б) $\alpha = 90^\circ$, то $R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$;

в) $\alpha = 180^\circ$, то $R = F_1 - F_2$.

Аксіома 4. (*аксіома про взаємодію*) При взаємодії матеріальних тіл будь-якій дії відповідає рівна за величиною і протилежна за напрямом

протидія (рис.1.6):

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}.$$

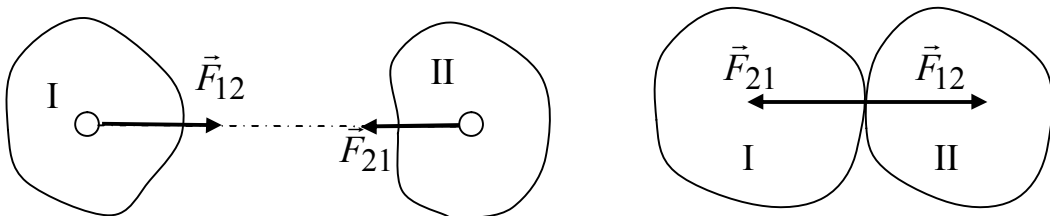


Рис. 1.6

Аксиома 5 (аксіома про затвердіння). Рівновага змінюваного (деформованого) тіла під дією заданої системи сил не зміниться, якщо його вважати затверділим (рис. 1.7).



Рис. 1.7

1.2. В'язі та їхні реакції

За станом руху матеріальні тіла розподіляються на вільні та невільні.

В'язями називають все те, що обмежує переміщення даного тіла в просторі чи на площині.

Реакціями в'язей називають сили, з якими в'язі діють на матеріальне тіло. Якщо на тіло накладені в'язі, то воно називається **невільним**, а якщо в'язі не накладені — то **вільним**.

Аксиома 6. Всяке невільне тіло можна перетворити у вільне, відкинувши накладені на нього в'язі і замінивши їх дію реакціями в'язей (рис. 1.8).

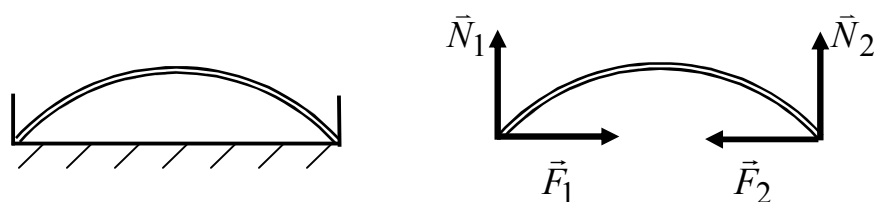


Рис. 1.8

Аксиома 7. Від накладання додаткових в'язей рівновага твердого тіла не порушиться (рис. 1.9).

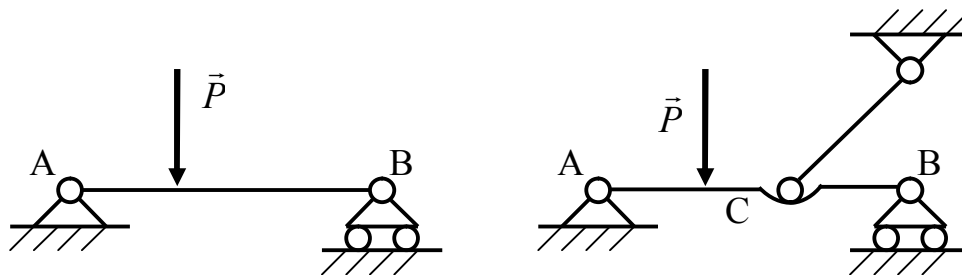


Рис. 1.9

Реакції в'язей залежать від їх конструктивного оформлення і від дії зовнішніх сил.

Найпростіші види геометричних в'язей.

Найчастіше трапляються наступні види в'язей при розв'язуванні задач. Це ідеально гладенька поверхня, стержень, нитка, циліндричний та сферичний шарніри.

Реакція ідеально гладенької поверхні спрямована по нормалі до неї. Якщо стикаються дві ідеально гладкі поверхні, реакція спрямована по їх спільній нормалі (рис. 1.10). Якщо одна поверхня має загострення, то реакція спрямована по нормалі до тієї поверхні, до якої можна провести нормаль (рис. 1.11).

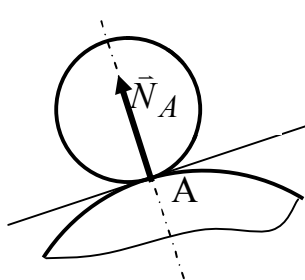


Рис. 1.10

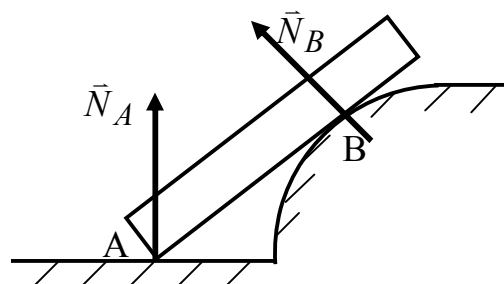


Рис. 1.11

Реакція стержня спрямована вздовж осі симетрії стержня, а реакція нитки направлена вздовж нитки до точки підвісу тіла (рис. 1.12).

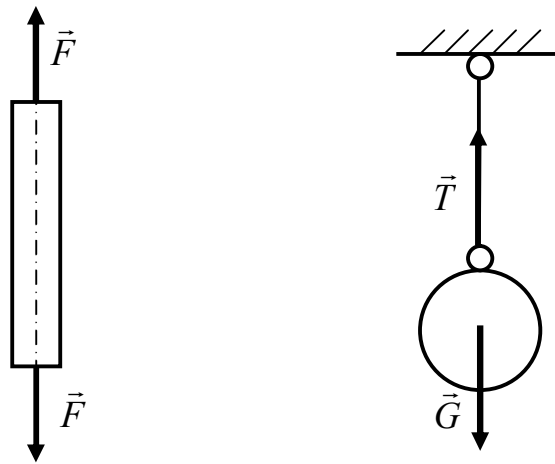


Рис. 1.12

Циліндричним шарніром називається в'язь, що допускає обертання тіла навколо осі, яка проходить через центр шарніра. Розглядають шарнірно рухомі та шарнірно нерухомі в'язі.

Реакція, яка виникає в нерухомому шарнірі прикладена в центрі шарніра і перпендикулярна до його осі. Невідомі модуль та напрям реакції. Тому при розв'язанні задач повну реакцію розкладають на дві складові (рис. 1.13).

Реакція рухомого шарніра прикладена в його центрі і спрямована перпендикулярно до опорної поверхні. Невідомий тільки модуль реакції (рис. 1.14).

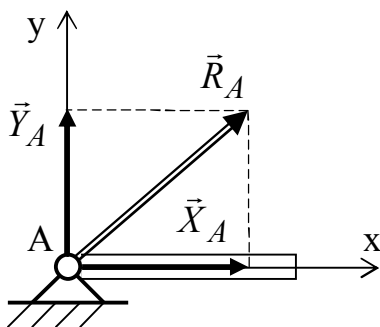


Рис. 1.13

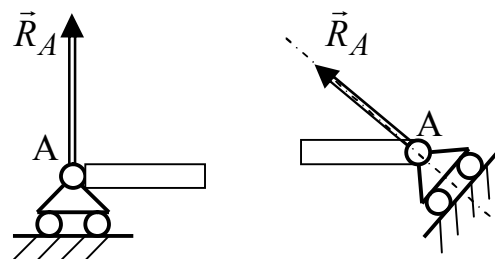


Рис. 1.14

Реакція затисненої опори складається з двох сил \vec{X}_A, \vec{Y}_A та моменту \vec{M}_A який називається моментом затиснення. Таким чином, затиснена

опора накладає три в'язі, які запобігають руху точці A вздовж осей X, Y та обертанню опорного перерізу (рис. 1.15).

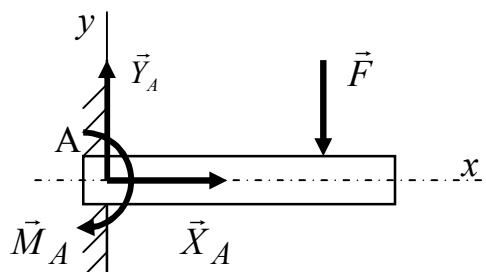


Рис. 1.15

Сферичний шарнір дає можливість як завгодно повертатись одному тілу відносно іншого навколо центра шарніра.

Реакція сферичного шарніра проходить через центр шарніра і має невідомі модуль і напрям. Тому при розв'язуванні задач на рівновагу тіл під дією просторової системи сил реакція сферичного шарніра розкладається на три складові $\vec{X}_A, \vec{Y}_A, \vec{Z}_A$.

Підп'ятник забезпечує обертальний рух тіл, які його утворюють, тільки відносно осі симетрії стержня.

Реакція підп'ятника прикладена до осі обертання в точці дотику тіл і має невідомі модуль і напрям. Тому при розв'язуванні задач на рівновагу тіл під дією просторової системи сил реакція підп'ятника розкладається на три складові $\vec{X}_A, \vec{Y}_A, \vec{Z}_A$, аналогічно сферичному шарніру (рис. 1.16).

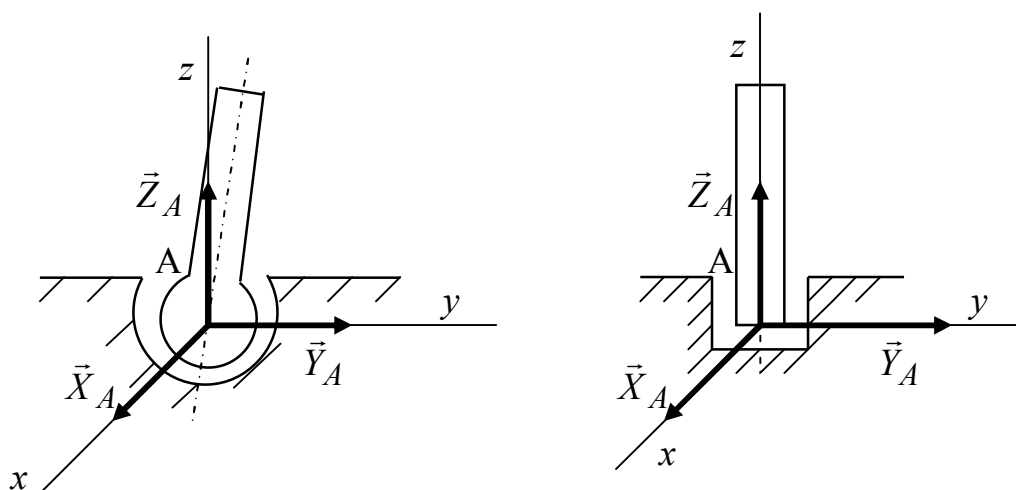


Рис. 1.16

2. Система збіжних сил

Збіжною називають систему сил, лінії дії яких перетинаються в одній точці. (рис. 2.1). Якщо всі сили розташовані в одній площині, то вони утворюють плоску систему збіжних сил. Сили, які діють у просторі, утворюють просторову систему збіжних сил. Систему збіжних сил можна звести до однієї сили, яку називають **рівнодійною**. Рівнодійну збіжної системи сил визначають графічно чи аналітично.

2.1. Геометричний спосіб визначення рівнодійної

Рівнодійна двох збіжних сил визначається за правилом паралелограма сил (згідно аксіомі 3) рис 1.17.

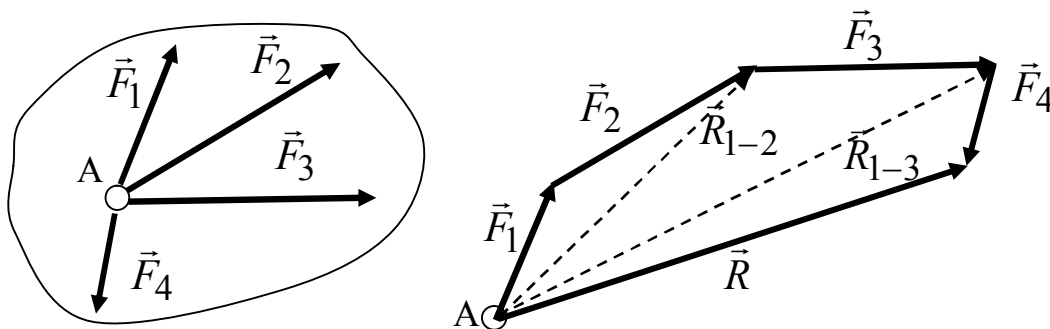


Рис. 1.17

Застосовуючи до системи сил послідовно правило паралелограма, отримаємо правило многокутника сил, згідно з яким визначається рівнодійна \vec{R} (рис. 1.17). То б то, має місце правило складання векторів.

$$\vec{R}_{1-2} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2,$$

$$\vec{R}_{1-3} = \vec{R}_{1-2} + \vec{F}_3 = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3,$$

$$\vec{R}_{1-4} = \vec{R}_{1-3} + \vec{F}_4 = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \vec{F}_4 = \vec{R}.$$

Відповідно, якщо маємо систему сил з n векторів то

$$\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n,$$

$$\vec{R} = \sum_{k=1}^n \vec{F}_k.$$

та склеюванням і матеріалу деталей.

Область використання паяних та клейових з'єднань у техніці все більше розширюється у зв'язку із застосуванням нових конструкційних матеріалів, високоміцних легованих сталей, багато з яких важко піддаються зварюванню. На сьогодні паяння широко застосовують в авіабудуванні.

Паяння використовують при виготовленні камер згорання сучасних реактивних двигунів, ядерних реакторів та інших об'єктів (радіаторів автомобілів і тракторів, паливних та масляних трубопроводів). Паяні з'єднання можуть працювати при високих тисках, температурах та в агресивних середовищах. Клейові з'єднання також застосовують у відповідних конструкціях, у будівництві мостів, авіа будівництві. Паяні та клейові з'єднання дуже широко розповсюджені в приладобудуванні.

Конструкції клейових з'єднань подібні до конструкцій паяних з'єднань, тільки замість припою використовується клей. Після затвердіння клею виникають сили адгезії, за рахунок яких передається з'єднанням деяке навантаження. Процес склеювання відбувається без нагрівання або в умовах порівняно невеликого нагрівання з'єднуваних деталей (для прискорення затвердіння клею). Перед склеюванням поверхні деталей повинні бути очищені та оброблені наждачним папером, оскільки шорсткість збільшує поверхню склеювання.

На сьогодні виготовляються клейові суміші з вибірковою адгезією до будь-яких певних матеріалів (спеціальні клеї) або з високою адгезією до різних матеріалів (універсальні клеї, наприклад, типу БФ).

3. Контрольні питання для самоперевірки

3.1. Роз'ясні з'єднання

1. Для чого необхідно з'єднання деталей?
2. Які існують з'єднання?
3. Які існують різьбові з'єднання?
4. Основна геометрія різьби.
5. Види шпонок.
6. Конструкція з'єднання призматичною шпонкою.
7. Конструкція з'єднання сегментною шпонкою.
8. Розрахунок шпонкового з'єднання.
9. Штифтові з'єднання.

10. Шліцові з'єднання.

3.2. Нероз'ємні з'єднання

1. Які існують нероз'ємні з'єднання ?
2. Які існують зварні з'єднання?
3. Які існують види зварних швів?
4. Основна геометрія кутового шва.
5. Види заклепок.
6. Конструкція заклепкового з'єднання.
7. Паяні та клеєні з'єднання.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бондаренко А.А., Дубінін О.О., Переславцев О.М. Теоретична механіка: Підручник; У2ч. – Ч1: Кінематика. – К.: Знання, 2004. – 599с.
2. Бондаренко А.А., Дубінін О.О., Переславцев О.М. Теоретична механіка: Підручник; У2ч. – Ч2: Динаміка. – К.: Знання, 2004. – 590с.
3. Зінченко В.І., Мамаєв Л.М., Постольник Ю.С. Основи інженерної механіки: Навч. посібник. – Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2004. – 444с.
4. Зінченко В.І., Мамаєв Л.М. Теоретична механіка: Навч. посібник. – К.: ІСДО. 1995. – 228с.
5. Павловський М.А. Теоретична механіка: Підручник. – К.: Техніка, 2002. – 512с.
6. Писаренко Г.С., Квітка О.Л., Уманський Е.С. Опір матеріалів: Підручник. – 2-ге вид., допов. і переробл. – К.: Вища шк., 2004. – 655с. іл.
7. Конспект лекцій з опору матеріалів. Частина 1. Постольник Ю.С., Теліпко Л.П., Манько В.М. Дніпродзержинський індустріальний інститут. РОВО «Укрвузполіграф», 1991. □ 180 с.
8. Степин П.А. Сопротивление материалов: Учеб. Для машиностроит. Спец. Вузов. – 8-е изд. – М.: Высшая школа, 1988. -368 с.
9. Писаренко Г.С., Ружицкий В.М. Сопротивление материалов: Учеб. Пособие для студ. Втузов /Под ред. Г.С.Писаренко. –К.: Вища школа, 1984. -91 с. –(Лабораторный практикум).
10. Писаренко Г.С. и др. Справочник по сопротивлению материалов /Г.С.Писаренко, А.П.Яковлев, В.В.Матвеев – 2-е изд. перераб. и доп. –К.: Наукова думка, 1988. -734 с.
11. Теліпко Л.П., Мамаєв Л.М., Манько В.М. Порадник до розв'язування задач та виконання розрахунково-проектувальних завдань з основ інженерної механіки. Розділ: Опір матеріалів. Частина 1. Простий опір: навч. Посібник; 1 – Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2015. – 279с.
12. Шкельов Л.Т., Станкевич А.М., Пошивач Д.Р. Опір матеріалів: Підручник для студентів вищих навчальних закладів; – К.: ЗАТ «Віпса», 2011. – 456с.
13. Гузенков П.Г. Детали машин. 2-е изд. – М.: Высшая школа, 1975. – 424с.
14. Иванов М.Н. Детали машин. – М.: Высшая школа. 1991. – 336с.
15. Коновалюк Д.М., Ковальчук Р.М. Детали машин: Підручник; –К.:Кондор, 2004, – 583с.
16. Мінняйло А.В., та ін. Деталі машин: Підручник; –К.:Агроосвіта, 2013. – 448с.
17. Решетов Д.Н. Детали машин. 3-е изд. – М.: Машиностроение, 1994. – 655с.

Навчальне видання

***РОМАНЮК** Олександр Дмитрович*

***ТЕЛІПКО** Леонід Петрович*

***РАКША** Сергій Васильович*

ТЕОРЕТИЧНА ТА ПРИКЛАДНА МЕХАНІКА

Короткий курс

(для здобувачів першого (бакалаврського) рівня закладу
вищої освіти)

Навчальний посібник

Підписано до друку 2021р. Формат 60x84/16.

Папір друк. Друк – різнограф. Ум. друк. арк. 00.

Тираж – 300. Зам. №

Видавець і виготовлювач

Дніпровський державний технічний університет

51918, м. Кам'янське, вул. Дніпробудівська, 2

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи

до державного реєстру видавництв серія ДК № 5399
від 26.07.2017 р.