

## Теоретична механіка (ЗП.Н.09)

**Спеціальність:** 015.20 Професійна освіта (Транспорт)

**Кафедра:** кафедра теоретичної механіки та гідравліки

**Лектор:** доцент Біловол Олександр Васильович

**Контактний тел.:** 095-537-17-74

**E-mail:** avbelovo58@gmail.com

**Семестр:** 2, 3 семестр

**Форма навчання:** денна, заочна

**Електронний курс-ресурс:**

**Особливості курсу:** немає.

**Обсяг курсу:** 7,0 кредити ЄКТС (210 годин), в тому числі лекції – 32 год., практичні роботи – 64 год., самостійна робота студента – 74 год., розрахунково-графічна робота – 10 год, підготовка до складання екзамену – 30 год.

### **Результати навчання**

#### ***знати:***

предмет дисципліни, її методи та моделі, а також структуру та зміст дисципліни в цілому, що складається з трьох розділів: статички, кінематики та динаміки;

використовувати отримані знання при розв'язанні задач теоретичних механіки відповідно до її розділів:

"**Статика**" – складати рівняння рівноваги різних систем сил, зводити будь-яку систему сил до найпростішого вигляду, визначати зусилля в стержнях ферми, знаходити центр ваги різних твердих тіл;

"**Кінематика**" – визначати швидкості, прискорення та траєкторії окремої точки та точок твердого тіла у різних випадках їх руху аналітичним та графічним засобами;

"**Динаміка**" – складати і досліджувати диференціальні рівняння руху матеріальної точки та твердого тіла, визначати динамічні характеристики об'єктів, що рухаються, за допомогою загальних теорем динаміки та методів аналітичної механіки.

#### ***мати уявлення:***

про використання отриманих знань і вмінь для моделювання і дослідження механічних явищ, з якими їм прийдеється зіткнутися в процесі подальшого навчання і практичній діяльності за спеціальністю

**Відповідність програмних компетентностей освітньої компоненти:**

ЗК – 2, ЗК – 9, ФК – 2, ФК – 11, ФК – 17.

**Необхідні обов'язкові попередні та супутні навчальні дисципліни:  
пререквізити:**

• геометрія, креслення та основи інформатики та обчислювальної техніки

**кореквізити:**

• Дипломне проектування.

**Короткий зміст навчальної програми:**

Розділ 1. СТАТИКА

Тема 1. Предмет та аксіоми статички Предмет статички. Основні поняття. Аксіоми (вхідні положення) статички. Основні види в'язей та їх реакції.

Тема 2. Система, збіжних сил Рівнодіюча та її визначення геометричним і аналітичним засобами. Система збіжних сил в площині. Геометрична умова рівноваги. Рівняння

рівноваги. Система збіжних сил в просторі. Теорема про рівновагу трьох непаралельних сил.

Теми 3. Момент сили відносно точки і відносно осі Момент сили відносно центру як вектор і його аналітичний вираз. Алгебраїчна величина моменту сили. Момент сили відносно осі та його обчислення. Аналітичні формули для моментів сил відносно координатних осей, Залежність між моментом сили відносно осі і відносно центру на цій осі.

Тема 4. Теорія пар сил Додавання двох паралельних сил, спрямованих в один і той же бік. Додавання двох паралельних сил, спрямованих у протилежні боки. Пара сил. Алгебраїчний і секторний моменти пари сил. Теорема про суму моментів сил, що складають пару відносно довільного центру. Теорема про еквівалентність пар сил, що лежать в одній площині. Теорема про перенесення пар сил в просторі. Умова рівноваги системи пар сил, Теорема про додавання пар сил в просторі. Умова еквівалентності пар сил в просторі.

Тема- 5. Зведення системи сил до даного центру Лема про зведення сил й до даного центру (лема про паралельний перенос сили). Теорема про зведення довільної . системи сил до даного центру (спосіб Пуансо) до сили і пари сил. Головний вектор і головний момент системи сил. її обчислення. Умова та рівняння рівноваги сил, розташованих як завгодно в просторі, випадки паралельних та збіжних сил. Умова та рівняння сил, розташованих як завгодно на площині, випадки паралельних та збіжних сил. Задачі, статично визначені і статично невизначені. Залежність між головними моментами системи сил відносно двох довільно вибраних центрів. Інваріанти системи сил. Окремі випадки зведення довільної системи сил до даного центру (випадки, коли сили зводяться до пари сил, до однієї рівнодіючої, до динами - динамічний гвинт, центральна вісь). Теорема Варіньона.

Тема 6. Рівновага системи тіл Рівновага системи тіл. Визначення реакції складних конструкцій і реакцій внутрішніх в'язей.

Теми 7, Рівновага системи сил з врахуванням тертя Тертя ковзання при спокої (зчеплення) і при русі. Коефіцієнт тертя ковзання. Кут і конус тертя.

Область рівноваги. Тертя кочення. Коефіцієнт тертя кочення. Рівняння рівноваги з врахуванням тертя.

Теми 8. Інваріанти системи сил

Інваріанти системи сил. Залежність між головними моментами сил відносно двох довільно вибраних центрів. Випадки зведення системи сил до даного центру.

Тема 9. Центр ваги твердого тіла Центр паралельних сил. Формули для радіуса-вектора і координат центру паралельних сил. Центр ваги твердого тіла і центр ваги об'єму. Центр ваги плоскої фігури. Статичний момент площі фігури відносно осі. Центр ваги лінії. Центр ваги деяких найпростіших геометричних фігур: прямокутника, трикутника, дуги кола, сектора круга. Способи визначення положення центра ваги тіл. Спосіб від'ємних площ (ваг).

Розділ 11. КІНЕМАТИКА

Тема 10. Предмет і задачі кінематики Предмет і задачі кінематики. Простір -і час як форми існування матерії. Відносність механічного руху. Основні кінематичні характеристики руху.

Тема 11. Кінематика точки Три способи придання руху точки. Векторний спосіб й ридання руху точки. Визначення траєкторії, швидкості та прискорення точки. Координатний спосіб придання руху точки. Визначення траєкторій точки в декартових прямокутних координатах. Проекції швидкості і модуль швидкості точки. Проекції прискорення і модуль прискорення точки. Натуральний спосіб її придання руху точки. Визначення швидкості. Дотичне і нормальне прискорення точки. Поняття про криволінійні координати. Швидкість і прискорення точки о полярних координатах. Визначення 1 швидкості точки в циліндричних та сферичних координатах.

Тема 12. Найпростіші види руху твердого тіла. Поступальний рух твердого тіла. Число ступенів вільності. Теорема про траєкторії, швидкості та прискорення точок тіла. Обертальний рух. Рівняння руху. Кутова швидкість і кутове прискорення. Визначення швидкості та прискорення точки тіла, що обертається. Формула Ейлера.

Тема 13. Обертання твердого тіла навколо нерухомої точки Рух тіла навколо нерухомої точки, або сферичний рух тіла. Число ступенів вільності. Кути Ейлера. Кінематичні рівняння руху. Теорема Ейлера- Д'Аламбера. Миттєва вісь обертання і кутова швидкість тіла. Вектор кутової швидкості тіла при сферичному русі. Векторний вираз для швидкості точки тіла. Вектор кутового прискорення тіла при сферичному русі. Прискорення точки тіла.

Тема 14. Плоско-паралельний рух твердого тіла Плоско-паралельний (плоский) рух твердого тіла. Розкладання руху плоскої фігури на поступальний і обертальний. Число ступенів вільності. Рівняння руху плоскої фігури. Незалежність обертального руху плоскої фігури від вибору полюса. Теорема про швидкості точок плоскої фігури та її наслідок. Теорема про проекції швидкостей двох точок фігури. Миттєвий центр швидкостей. Доказ існування. Різні випадки визначення положення миттєвого центру швидкостей плоскої фігури. Визначення швидкостей точок плоскої фігури та її кутової швидкості за допомогою миттєвого центру швидкостей. Теорема про прискорення точок

плоскої фігури. Поняття про миттєвий центр прискорень. Способи визначення кутової швидкості і кутового прискорення плоскої фігури.

Тема 15. Загальний випадок руху твердого тіла Загальний випадок руху вільного твердого тіла. Число ступенів свободи. Розкладання руху на поступальний і сферичний. Рівняння руху. Теорема про швидкості точок вільного твердого тіла та її наслідок. Теорема про прискорення точок вільного твердого тіла.

Тема 16. Складний рух точки Складний рух точки. Абсолютний і відносний рух точки. Переносний рух. Означення. Приклади. Складний рух точки. Теорема додавання швидкостей. Теорема додавання прискорень (теорема Коріоліса). Прискорення Коріоліса, правило Жуковського для його визначення

Тема 17. Складний рух твердого тіла Складний рух тіла. Додавання поступальних рухів. Додавання миттєвих обертань навколо паралельних осей (три випадки - переносний та відносний рухи, спрямовані в один бік, випадок антипаралельних обертань у різних кутовими швидкостями, випадок антипаралельних обертань з рівними кутовими швидкостями - пара миттєвих обертань). Додавання миттєвих обертань навколо осей, що перетинаються. Спосіб зупинки кривошипу (спосіб Вілліса) для розрахунку планетарних і диференціальних передач. Додавання поступального і обертального рухів. Кінематичний гвинт.

### III. ДИНАМІКА

Тема 18. Предмет та задачі динаміки. Предмет динаміки. Закони механіки Галілея-Ньютона (аксіоми динаміки). Системи одиниць. Структура розділу.

Тема 19. Динаміка точки Диференціальне рівняння руху матеріальної точки у декартових координатах. Натуральні рівняння руху матеріальної точки. Перша основна задача динаміки матеріальної точки та її рішення. Друга основна задача динаміки матеріальної точки та її рішення. Рух точки, що над падає, з врахуванням опору повітря, пропорційного швидкості руху. Рух тіла (точки), кинутого під кутом до горизонту, без врахування опору повітря. Вільні коливання підвішеного до пружини вантажу. Період, частота і амплітуда коливань - Затухаючі коливання, період і декремент цих коливань. Вимушені коливання при гармонічній збурюючій силі, випадок резонансу. Невільний рух матеріальної точки. Диференціальні рівняння руху точки по заданій гладкій нерухомій кривій. Математичний маятник і його малі коливання. Відносний рух матеріальної точки. Диференціальні рівняння.

Тема 20. Відносний рух матеріальної точки. Переносна і коріолісова сили інерції. Принцип відносності класичної механіки. Диференціальні рівняння відносного руху матеріальної точки. Випадок відносного спокою. Сила ваги. Вплив обертання Землі на рух тіл.

Тема 21. Механічна система. Геометрія мас Механічна система. Класифікація сил, діючих на систему. Властивості внутрішніх сил. Геометрія мас. Центр мас та його координати. Моменти інерції системи і твердого тіла відносно площини, осі і полюсу. Радіус інерції. Осьовий момент інерції. Моменти інерції порожнистого і суцільного циліндрів. Теорема про моменти

інерції твердого тіла відносно паралельних осей (Штейнера-Гюйгенса). Відцентрові моменти інерції. Головні осі Інерції. Головні центральні осі, їх властивості. Момент інерції відносно осі будь-якого тіл пряму.

Тема 22. Загальні теореми динаміки Диференціальні рівняння руху механічної системи. Міри механічного руху: кількість руху, момент кількості руху і кінетична енергія. Відповідні міри дії сили: імпульс сили за скінчений проміжок часу, момент сили, робота сили та потужність. Кількість руху механічної системи та його обчислений. Теорема про зміну кількості руху системи та її наслідок. Теорема про рух центру мас механічної системи та її наслідки. Закони збереження руху центру мас і кількості руху механічної системи. Момент кількості руху матеріальної точки відносно центру та осі. Теорема про зміну моменту кількості руху матеріальної точки, її наслідок. Рух точки під дією центральної сили. Закон площ. Поняття про секторну швидкість. Кінетичний момент механічної системи відносно центру та осі. Кінетичний момент обертового твердого тіла відносно осі обертання. Теорема про зміну кінетичного моменту механічної системи. Наслідки теореми. Закони збереження кінетичного моменту механічної системи. Лава Жуковського. Теорема про залежність між кінетичними моментами механічної системи відносно нерухомого центру та відносно центру мас. Теорема про зміну кінетичного моменту механічної системи у відносному русі по відношенню до центру мас. Фізичний маятник та його малі коливання. Період і частота коливань. Приведена довжина. Дослідне визначення моментів інерції тіл. Способи гойдань та крутих коливань. Диференціальні рівняння поступального та обертального руху твердого тіла. Диференціальні рівняння плоского руху твердого тіла. Випадок ведучого та веденого колеса автомобіля. Елементарна робота сил та робота сили на скінченому шляху. Загальні формули її обчислення. Потужність. Робота сили ваги та сили пружності. Робота сили тяжіння. Робота та потужність сил, прикладених до твердого тіла, що обертається навколо нерухомої осі. Робота внутрішніх сил твердого тіла. Теорема про зміну кінетичної енергії матеріальної точки у диференціальній та скінченій й формах. Обчислення кінетичної енергії твердого тіла у різних випадках руху. Обчислення кінетичної енергії механічної системи у загальному випадку її руху. Теорема Кеніга. Теорема про зміну кінетичної енергії механічної системи у диференціальній та скінченій формах. Поняття про силове поле. Потенціальне силове поле і сил о ті функція. Вираз проєкцій сили через силову функцію. Робота сили на скінченому переміщенні точки у потенціальному сил о йому полі. Потенційна енергія. Поверхні рівного потенціалу (еквіпотенціальні поверхні) та їх властивості. Приклади потенціальних силових полів: поле сили ваги та поле тяжіння. Закон збереження механічної енергії.

Тема 23. Метод кінетостатики Сили інерції матеріальної точки. Принцип Д'Аламбера для матеріальної точки, Принцип Д'Аламбера для механічної системи. Визначення головного вектора і головного моменту сил інерції механічної системи і твердого тіла. Визначення динамічних реакцій

підшипників при обертанні твердого тіла навколо нерухомої осі. Поняття про статичне та динамічне балансування.

Тема 24 Вступ до аналітичної механіки. Методи аналітичної механіки. Класифікація в'язей; голономні та неголономні. стаціонарні та нестаціонарні, утримуючі та неутримуючі в'язі. Дійсні та можливі переміщення системи. Ідеальні в'язі. Принцип можливих переміщень, загальне рівняння статики. Загальне рівняння динаміки

Тема 25 Рівняння Лагранжа другого роду Узагальнені координати механічної системи. Число ступенів вільності системи.

Узагальнені сили та засоби їх визначення. Сили, що мають потенціал. Рівняння Лагранжа другого роду. Рівняння Лагранжа другого роду для консервативних систем. Кінетичний потенціал.

### **Рекомендована література:**

#### **1. Базова література**

1.1. Ванін В.В., Перевертун В.В., Надкернична Т.М., Власюк Г.Г. Інженерна графіка. - К.: Видавнича група ВНУ, 2009. – 400 с.

1.2. Інженерна та комп'ютерна графіка: Підручник / В.Є.Михайленко, В.М. Найдиш, А.М.Підкоритов, І.А. Скідан; За ред. В.Є.Михайленко. – 3-є вид., перероб. і допов. – К.: Видавничий Дім «Слово», 2011. – 352 с.

1.3. Єдина система конструкторської документації. Основні положення. Довідник: – Укр. та рос. мовами /За заг. ред. В.Л. Іванова. – Львів: НТЦ «Леонорм-стандарт», 2001. – 272 с. – (Серія «Нормативна база підприємства»).

1.4. Нарисна геометрія: Підручник / В.Є. Михайленко, М.Ф. Євстіфеев, С.М. Ковальов, О.В. Кашенко; За ред. В.Є.Михайленко. – 3-є вид., перероб. і допов. – К.: Видавничий Дім «Слово», 2013. - 304 с.

1.5. Попова Г.Н., Алексеев С.Ю. Машиностроительное черчение: Справочник. – 5-е изд., перераб. и доп. - СПб.: Политехника. 2011. - 474 с.

1.6. Полещук Н.Н., Самоучитель AutoCAD 2014 (серия «Самоучитель») / Н.Н. Полещук. – СПб: БХВ-Петербург, 2014. – 464 с.

#### **2. Допоміжна література**

2.1. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3-х т. / – М.: Машиностроение, 2006.

2.2. Методичні вказівки до самостійної роботи з нарисної геометрії для студентів технічних спеціальностей. Частина 1/ Є.М. Іванов, В.І. Плигун, О.В. Архіпов, О.А. Єрмакова – Харків: ХНАДУ, 2016. - 36 с.

2.3. Методичні вказівки до виконання завдань блоку змістових модулів 2 з курсу нарисної геометрії для студентів технічних спеціальностей / Є.М. Іванов, Г.Г. Губарева, О.А. Єрмакова, О.В. Архіпов – Харків: ХНАДУ, 2010. - 44 с.

2.4. Методичні вказівки до виконання завдань блоку змістових модулів 3 з курсу нарисної геометрії для студентів технічних спеціальностей / Є.М. Іванов, О.А. Єрмакова, О.В. Архіпов – Харків: ХНАДУ, 2011. - 36 с.

2.5. Методические указания к самостоятельной работе по инженерной графике (тема «Проекционное черчение») / А.Д. Бирина, Г.Г. Губарева – Харьков: ХНАДУ, 2009. – 40 с.

2.6. Методические указания к самостоятельной работе по инженерной и компьютерной графике (тема «Геометрические построения обвода детали типа «Кулачок») для студентов технических специальностей / А.В. Черников, В.В. Шеина, Г.Г. Губарева – Харьков: ХНАДУ, 2008. – 40 с.

2.7. Методичні вказівки до виконання завдань блоку змістових модулів 4 з курсу інженерної графіки для студентів технічних спеціальностей / Є.М. Іванов, О.А. Єрмакова, О.В. Архіпов - Харків, ХНАДУ, 2012. – 28 с.

2.8. Методичні вказівки до самостійної роботи з інженерної графіки за темами «Складальний кресленик», «Деталювання» для студентів технічних спеціальностей / О.В. Архіпов, В.І. Плигун, Я.А. Ковальова – Харків: ХНАДУ, 2014. – 60 с.

2.9. Нарисна геометрія. Навчальне видання, конспект лекцій / В.М. Сердюк, А.Д. Бірина – Харків: ХДАДТУ, 2000. – 74 с.

2.10. Моделювання дво- та тривимірних об'єктів з використанням пакету AutoCAD (посібник та завдання з курсу «Комп'ютерна графіка» для студентів технічних спеціальностей; електронне видання) / О.В. Черніков, О.О. Назарько, Н.М. Подригало. - Навчальне видання (рос. мовою). - Харків: ХНАДУ, 2015. - 136 с.

2.11. Роджерс Д., Адамс Дж. Математические основы машинной графики. – М.: Машиностроение, 2001. – 275 с.

### 3. Інформаційні ресурси

3.1. <http://files.khadi.kharkov.ua> механічний факультет, кафедра інженерної та комп'ютерної графіки.

### Методи і критерії оцінювання, вимоги:

Методи і критерії оцінювання:

Сума балів за 100 - бальною шкалою	Оцінка в ECTS	Критерії оцінювання	Оцінка за національною шкалою
90-100	A	Студент виявляє особливі творчі здібності, глибоко вивчив матеріал, викладає його логічно, послідовно, чітко, переконливо аргументує відповідь, вміє використовувати набуті знання і вміння для прийняття рішень у нестандартних ситуаціях	відмінно
82-89	B	Студент вільно володіє вивченим обсягом матеріалу, застосовує його на практиці, вільно розв'язує вправи і задачі у стандартних ситуаціях, самостійно виправляє допущені помилки, кількість яких незначна	добре
74-81	C	Студент вміє зіставляти, узагальнювати, систематизувати інформацію під керівництвом	

		викладача; в цілому самостійно застосовувати її на практиці; контролювати власну діяльність; виправляти помилки, серед яких є суттєві, добирати аргументи для підтвердження думок	
<b>64-73</b>	<b>D</b>	Студент відтворює значну частину теоретичного матеріалу, виявляє знання і розуміння основних положень; з допомогою викладача може аналізувати навчальний матеріал, виправляти помилки, серед яких є значна кількість суттєвих	<b>задовільно</b>
<b>60-63</b>	<b>E</b>	Студент володіє навчальним матеріалом на рівні, вищому за початковий, значну частину його відтворює на репродуктивному рівні	
<b>35-59</b>	<b>FX</b>	Студент володіє матеріалом на рівні окремих фрагментів, що становлять незначну частину навчального матеріалу	<b>незадовільно</b>
<b>1-34</b>	<b>F</b>	Студент володіє матеріалом на рівні елементарного розпізнання і відтворення окремих фактів, елементів, об'єктів	