



ТЕОРІЯ ФОРМОУТВОРЕННЯ СКЛАДНИХ ПОВЕРХОНЬ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізитивна навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Третій (освітньо-науковий)</i>
Галузь знань	<i>13 Механічна інженерія</i>
Спеціальність	<i>131 Прикладна механіка</i>
Освітня програма	<i>Прикладна механіка</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)/вечірня/заочна</i>
Рік підготовки, семестр	<i>2 курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>5 кредитів</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік</i>
Розклад занять	http://rozklad.kpi.ua
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: <i>доктор технічних наук, доцент, Охріменко О.А., к. 506-22 / тел. (044)-204-95-56 / e-mail: okhrimenko.oleksandr@lll.kpi.ua</i>
Розміщення курсу	https://classroom.google.com/c/MTUyMDExMDgwOTUz?cjc=mnpgocv

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Проектування та виробництво сучасних деталей машин, що використовуються авіабудуванні, біомеханіці, суднобудуванні, ракетно-космічній техніці, загальному машинобудуванні, які характеризуються складністю їх форми, багатоваріантністю і високими вимогами до якості створюваної техніки. Зазначені фактори обумовлюють потребу проведення належного технологічного забезпечення, аналізу формоутворення поверхонь та їх забезпечення. Розв'язання даної задачі доволі проблематичне. Це пов'язано з великою трудомісткістю розроблення відповідних моделей та їх подальшим аналізом для визначення оптимальних параметрів для їх подальшого виготовлення. Зазначена проблема ще більш загострюється через постійні модифікації такої продукції – індивідуальний підхід до замовника. Одним із напрямків успішного вирішення окресленого питання є використання, на додаток до аналітичних, ще й комп'ютерних геометричних засобів, як більш простих, наочних та оперативних, для проведення оптимізації процесів проектування та виробництва таких виробів.

***Мета дисципліни** полягає в ознайомленні та вивченні новітніх досягнень в галузі формоутворення складних поверхонь, які є складовими в різних виробках деталей машин, за допомогою, комп'ютерних, аналітичних, наочних геометричних, засобів формоутворення при їх проектуванні та виробництві, вивчення відповідних теоретичних положень, опанування належним математичним апаратом.*

***Предмет дисципліни** становлять геометричні методи, способи, прийоми, алгоритми та методики оптимізації процесів проектування та виробництва різних поверхонь деталей машин.*

***Програмним результатом навчання** є набуті теоретичні знання, що дозволяють аспірантам проводити розробку, оптимізацію процесів проектування та виробництва різних*

складних поверхонь, що присутні в деталях машин, які є складовими різних виробів авіабудування, біомеханіки, суднобудування, ракетно-космічної техніки та загального машинобудування.

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Для успішного засвоєння даної дисципліни необхідно мати компетентності, знання, уміння й навички з таких предметів бакалаврського та магістерського рівня освіти як: вища математика; лінійна алгебра і аналітична геометрія; інженерна та комп'ютерна графіка; інформатика; автоматизоване проектування; основи тривимірного моделювання; процеси і технології формоутворення; спеціальні методи складання авіаційних вузлів; комп'ютерне моделювання технологічних процесів.

На результатах навчання з даної дисципліни базуються такі предмети як: методи проектування і розрахунку машин і конструкцій; надійність машин і конструкцій; динаміка машин та процеси управління.

3. Зміст навчальної дисципліни

Тема 1. Введення в предмет вивчення

Тема 2. Спеціальна теорія огинаючих

Тема 3. Гвинтові поверхні

Тема 4. Особливості використання кінематичного методу визначення огинаючих

Тема 5. Загальна аналітична теорія огинаючих плоских кривих

Тема 6. Диференціальна геометрія лінії

Тема 7. Кругові функції

Тема 8. Аналітичні способи завдання поверхонь

Тема 9. Чисельні способи завдання поверхонь

Тема 10. Локальна геометрія поверхні

Тема 11. Особливості формоутворення поверхонь з використанням систем числового програмного управління

Дисципліна відноситься до вибіркових дисциплін циклу професійної підготовки.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Література:

- 1. Люкшин В.С. Теория винтовых поверхностей в проектировании режущих инструментов. М. 1960, 284 с.*
- 2. Норден А.П. Краткий курс дифференциальной геометрии. М. 1958, 244 с.*
- 3. Норден А.П. Теория поверхностей. М. 1956, 260 с.*
- 4. Родин П.Р. Основы формообразования поверхностей. К. 1977, 192 с.*
- 5. Борисенко А.И. Векторный анализ и начала тензорного исчисления. К. 1986, 216 с.*
- 6. Кочин Н.Е. Векторное исчисление и начало тензорного анализа. М-Л. 1965, 426 с.*
- 8. Перепелица Б.А. Отображение аффинного пространства в теории формообразования поверхностей. Харьков. 1981, 152 с.*

9. Радзевич С.П. *Формообразование сложных поверхностей на станках с ЧПУ*. К. 1991, 192 с.
10. Синцов Д.М. *Неголономная геометрия*. М, 1972, 384 с.
11. Родин П.Р., Линкин Г.А., Татаренко В.Н. *Обработка фасонных поверхностей на станках с ЧПУ*. М. 1976, 198 с.
12. Цвис Ю.В. *Профилирование режущего обкатного инструмента*. М. 1961, 156 с.
13. Роджерс Д., Адамс Дж. *Математические основы машинной графики*. М.: Мир, 2001. 604 с.
14. Ли К. *Основы САПР (CAD/CAM/CAE)*. СПб.: Питер, 2004. 580 с.
15. Голованов Н.Н. *Геометрическое моделирование*. Москва: Академия, 2011. 272 с.
16. Никулин Е.А. *Компьютерная графика. Модели и алгоритмы*. СПб.: Лань, 2021. 708 с.
17. Stanislav S Makhanov. *Advanced numerical methods to optimize cutting operations of five-axis milling machines*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2007 – 215p

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни(освітнього компонента)

Тема	Зміст	Лекції	Практичні / Семінарські
Тема 1. Введення у предмет вивчення	Лекція 1. Вступ. Мета і предмет курсу. Задачі формоутворення спеціальних поверхонь. Основні визначення: профільюючі елементи, вихідна інструментальна і вихідна виробляюча поверхні, точка торкання, основні допущення, топологія поверхні, прості і складні поверхні. Основи векторного і матричного числення. Системи координат, паралельний перенос систем координат, поворот осей. Пряме і зворотне лінійне перетворення простору. Поворот щодо однієї осі координат. Поворот з переносом. Література: [1, 4, 8, 9, 15, 16].	1	-
Тема 2. Спеціальна теорія огинаючих	Лекція 1. Основні поняття, характеристика, лінія зачеплення, полоїда, центроїда, аксоїда. Графічні способи визначення огинаючої. Спосіб послідовних положень. Спосіб Рело, загальних нормалей. Спосіб Понселе. Графоаналітичне визначення огинаючої при обкатуванні кола по колу. Графоаналітичне визначення огинаючої при обкатуванні кола по прямій. Графоаналітичне визначення огинаючої при обкатуванні прямої по колу. Література: [6] 9-50, [5] 6-30, [4] 5-20. Лекція 2. Особливості аналітичного визначення огинаючої при обкатуванні кола по колу. Особливості аналітичного визначення огинаючої при обкатуванні кола по прямій, особливості обкатування	2	-

	<p>прямолінійних профілів. Особливості аналітичного визначення огинаючої при обкатуванні кола по окружності. Умови оброблюваності деталі при обкатуванні. Перехідні криві. Вплив положення початкової окружності на виникнення перехідної кривої. Особливі точки профілю і форма лінії зачеплення. Особливості вибору розміру початкового кола при обробці прямолінійних профілів. Найбільший діаметр початкового кола. Найменший діаметр початкової кола. Графічне визначення границь початкової кола. Аналітична побудова лінії зачеплення, визначення радіуса початкового кола. Вплив радіуса початкового кола на спряжений профіль. Література: [10] 13-28, [6] 52-56, [5] 12-23, [9] 9-44.</p>		
<p>Тема 3. Гвинтові поверхні</p>	<p>Лекція 1. Перерізи гвинтової поверхні. Гвинтовий параметр. Гвинтова траєкторія. Графічне визначення торцевого перерізу гвинтової поверхні. Аналітичне визначення торцевого перерізу гвинтової поверхні. Аналітичне визначення осьового перерізу гвинтової поверхні. Перехід від осьового перерізу до торцевого і навпаки. Довільний перетин гвинтової поверхні. Перехід від довільного перетину гвинтової поверхні до торцевому. Графічні методи рішення трансцендентних рівнянь. Аналітична інтерполяція при рішенні трансцендентних рівнянь. Література: [1] 9-45.</p> <p>Лекція 2. Дисковий інструмент для гвинтових поверхонь. Методи дискретних перерізів; графічна й аналітична форма. Метод огинаючої до перерізів; графічна й аналітична форма. Кінцевий інструмент для гвинтових поверхонь.. Метод траєкторій. Література: [6] 61-65.</p> <p>Лекція 3. Гвинтові поверхні – метод рухливого січення. Визначення вихідної інструментальної поверхні для дискової інструмента, графічно й аналітично. Пряма і зворотна задачі. Визначення вихідної інструментальної поверхні для кінцевого інструмента, графічно й аналітично. Пряма і зворотна задачі. Визначення вихідної інструментальної поверхні для циліндричного інструмента, графічно й аналітично. Пряма і зворотна задачі. Визначення вихідної інструментальної поверхні для кільцевого інструмента, графічно й аналітично. Пряма і</p>	<p>3</p>	<p>-</p>

	зворотна задачі. Кільцевий інструмент для сферичних поверхонь. Література: [3] 40-87.		
Тема 4. Особливості використання кінематичного методу визначення огинаючих	Лекція 1. Кінематичний метод визначення сполученої поверхні. Дотична до осьового і торцевого перетину гвинтової поверхні, аналітично і графічно. Нормаль до гвинтової поверхні. Дисковий інструмент для гвинтової поверхні, пряма задача. Пальцевий інструмент для гвинтової поверхні, пряма і зворотна задачі. Література: [3] 141-150, 200-217.	1	-
Тема 5. Загальна аналітична теорія огинаючих плоских кривих	Лекція 1. Поняття про сімейство кривих. Форми завдання кривої. Неявна форма завдання кривої. Огинаюча сімейства кривих визначених у неявній формі. Векторна форма представлення кривої. Огинаюча сімейства кривих визначених у векторній формі. Практичні прийоми визначення огинаючої сімейства плоских кривих. Огинаюча однопараметричного сімейства поверхонь. Огинаюча сімейства чисельно представлених поверхонь. Література: [1] 40-65.	1	-
Тема 6. Диференціальна геометрія лінії	<p>Лекція 1. Загальні поняття про лінію. Проста крива. Властивості простої кривої. Способи утворення лінії. Лінія як перетинання поверхонь. Лінія як геометричне місце крапок. Лінія як траєкторія. Аналітичне завдання лінії. Крива на площині. Плоска крива в полярній системі координат. Крива в просторі Література: [1] 69-100, [2] 116-132, [3] 102-113, [8] 287-292.</p> <p>Лекція 2. Загальні положення. Довжина плоскої дуги. Довжина просторової дуги. Довжина дуги як параметр. Методика переходу від параметра до довжини дуги. Методика переходу від довжини дуги до параметра. Просторова крива. Нормальна площина. Дотична площина. Сполучена площина. Супровідний тригранник. Кривизна лінії. Радіус кривизни. Крутіння. Векторне представлення локальної геометрії просторової кривої. Орт дотичної. Орт кривизни. Орт бінормалі. Векторне представлення супровідного тригранника. Інваріанти. Література: [8] 32-53.</p> <p>Лекція 3. Криві Безьє, криві Безьє і конічні перетину, раціональні криві Безьє, розділені різниці, В-сплайни, В-криві, алгоритм Де Бура, вставка точки і вузла В-кривої, приклади В-кривих, В-криві і криві Безьє, окремі випадки В-</p>	3	-

	<i>кривих, криві побудовані на базі кривих, складова крива. Література: [15] 23-99, [16] 20-50.</i>		
Тема 7. Кругові функції	<i>Лекція 1. Кругові векторні функції. Властивості кругових векторів, похідна. Круговий репер. Рівняння гвинтової лінії в круговому репері. Основна окружність гвинтової лінії. Дотична до гвинтової лінії в рухливому репері. Довжина дуги гвинтової лінії в рухливому репері. Дотична одиничної дуги в рухливому репері. Література: [1] 32-53.</i>	1	-
Тема 8. Аналітичні способи завдання поверхонь	<i>Лекція 1. Загальні положення. Матричний спосіб завдання поверхонь. Дотична і нормаль до поверхні. Векторний спосіб завдання поверхонь. Дотична і нормаль до поверхні. Направляючі косинуси. Дотична до торцевого та осьового переріза гвинтової поверхні. Дотична до гвинтової траєкторії. Параметрична форма представлення поверхні. Перша похідна, дотична, нормаль. Перша і друга квадратичні форми поверхні. Явна, неявна і дискретна форми представлення поверхні. Література: [3] 32-53, 85-102.</i> <i>Лекція 2. Загальні положення про лінійчаті поверхні. Утворююча і напрямна лінійчатої поверхні. Рівняння лінійчатої поверхні у векторній формі. Дотична і нормаль до лінійчатої поверхні. Поверхні, що розгортаються. Архімедова гвинтова поверхня. Конічна поверхня. Евольвентна поверхня. Конволютна поверхня. Література: [1] 27-50.</i> <i>Лекція 3. Поверхні, побудовані на сімействі кривих, поверхні, побудовані на сітці кривих, поверхня на сітці точок, поверхня Безьє, В-поверхня, Т-поверхност, поверхні трикутної форми трикутні поверхні Безьє. Література: [15] 126-150, [16] 80-120.</i> <i>Лекція 4. Однорідні розділені різниці, сімплексні сплайни, S-поверхні, поверхні на базі поверхонь, деформуєма поверхня, поверхня на базі триангуляції, поверхня з довільною границею. Література: [15] 156-192, [16] 110-140.</i>	4	-
Тема 9. Чисельні способи завдання поверхонь	<i>Лекція 1. Загальні положення. Інтерполяція чисельно заданої поверхні. Поверхня як дуга окружності минаюча через три крапки, система рівнянь,</i>	1	-

	<p>тригонометричне представлення окружності. Дотична до поверхні, методика її визначення. Визначення дотичної інтерполяційним методом, загальні положення. Визначення дотичної чисельними методами. Нормаль до поверхні. Інтерполяція по поверхні. Орієнтація площини. Площина через три точки; загальні положення. Орієнтація площини щодо гвинтової поверхні. Перша і друга квадратична форми. Методи чисельної інтерполяції. Метод Лагранжа, Ньютона, Ейткена. Способи контролю збіжності ряду інтерполяції. Чисельні методи рішення рівняння контакту. Апроксимація. Література: [5] 28-33, 76-89.</p>		
<p>Тема 10. Локальна геометрія поверхні</p>	<p>Лекція 1. Загальні поняття про локальну геометрію поверхні. Геодезична лінія, її властивості. Геодезична лінія гвинтової поверхні. Геодезична кривизна лінії. Індикатриса, загальні положення. Індикатриса дотичних. Кривизна й індикатриса. Сферичне відображення поверхні. Гаусова кривизна. Знак Гаусової кривизни. Література: [3] 12-33, 52-83.</p> <p>Лекція 2. Параметри локальної геометрії поверхні, загальні положення. Кривизна поверхні, нормальна кривизна. Нормальна кривизна лінії на поверхні. Теорема Мен'є. Головні кривизни поверхні. Індикатриса Дюпена. Формули Ейлера для кривизни. Рівняння індикатриса. Конформне відображення поверхонь. Міра конформності. Методика дослідження міри конформності поверхонь. Чисельне представлення міри конформності для еліптичних точок. Індикатриса шару, циліндра, тора, поверхні типу дискова фреза, гвинтової поверхні. Література: [2] 15-29, [3] 112-134.</p>	2	
<p>Тема 11. Особливості формоутворення поверхонь з використанням систем числового програмного управління</p>	<p>Лекція 1. Формати CAD / CAM, вступ до п'ятивісної обробки ЧПУ, основні питання планування шляху інструменту, інструмент кривої «заповнення» простору, траєкторії інструментів в адаптивних криволінійних координатах, оптимізація поворотів при обробці, теорія оптимальних налаштування для п'ятивісної обробки ЧПУ. Література: [9] 141-150, 200-217, [11] 20-50, [13] 300-402, [17].</p>	1	
<p>Залік</p>			

6. Самостійна робота студента/аспіранта

Самостійна робота передбачена за темами:

Тема 5. Загальна аналітична теорія огинаючих плоских кривих

Тема 6. Диференціальна геометрія лінії

Тема 7. Кругові функції

Тема 8. Аналітичні способи завдання поверхонь

Тема 9. Чисельні способи завдання поверхонь

Тема 10. Локальна геометрія поверхні

Тема 11. Особливості формоутворення поверхонь з використанням систем числового програмного управління

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Політика щодо дедлайнів та перескладання. Перескладання іспиту відбувається з дозволу деканату за наявності поважних причин.

Політика щодо академічної доброчесності. Усі письмові роботи перевіряються на наявність плагіату та допускаються до захисту з коректними текстовими запозиченнями не більше 20%.

Політика щодо відвідування. Відвідування занять є рекомендованим, за яке не нараховуються бали. За об'єктивних причин (наприклад, хвороба, міжнародне стажування тощо) навчання може відбуватись в *on-line* режимі за погодженням із керівником курсу.

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Поточний контроль: опитування за лекційних занять, правильна відповідь – з бали.

Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Семестровий контроль: залік, на залік дається 2 питання за темами курсу кожне питання оцінюється в 20 балів.

Умови допуску до семестрового контролю: семестровий рейтинг більше 36 балів за опитування з лекційних занять.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

- *можливість зарахування сертифікатів проходження дистанційних чи онлайн курсів за відповідною тематикою;*
- *можливість зарахування статей, виданих за кордоном.*

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Склав доктор технічних наук, доцент

Олександр ОХРИМЕНКО

Ухвалено кафедрою Конструювання машин

(протокол № 10 від 14.01.2021)

Погоджено Методичною комісією Механіко-машинобудівного інституту (протокол № 7 від 19.02.2021)