
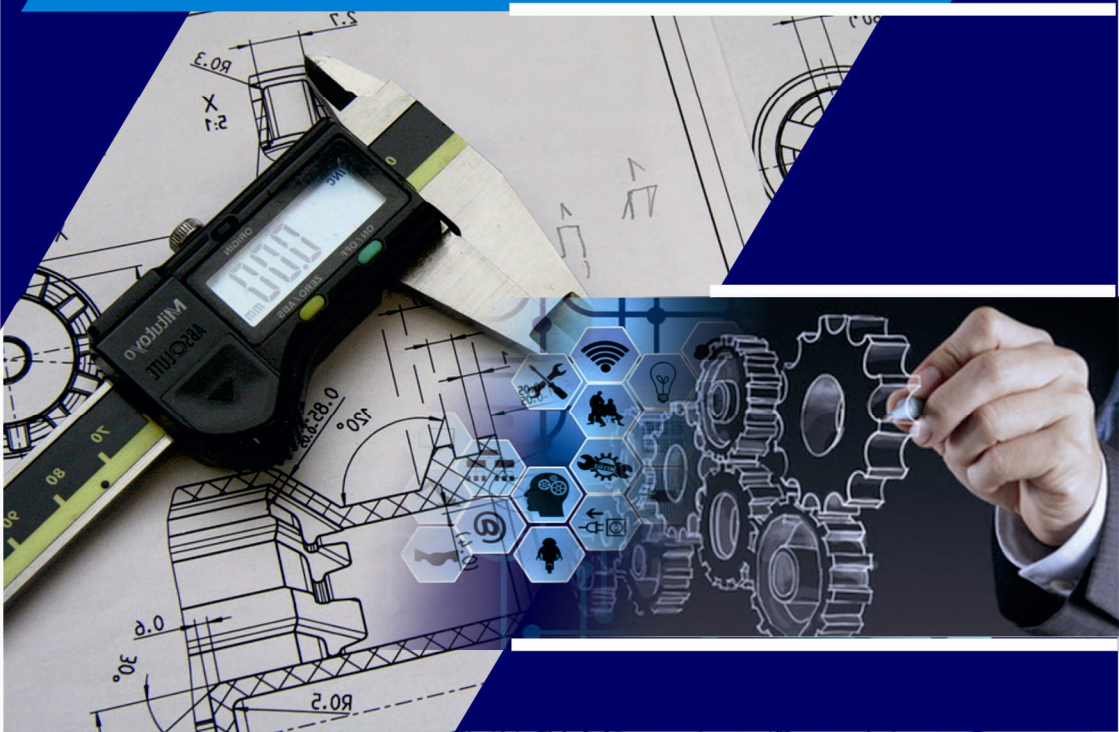




ПРИКЛАДНІ КОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ГАЛУЗІ



Методичні вказівки до вивчення дисципліни
для здобувачів вищої освіти ОНР «доктор філософії»
спеціальності «Галузеве машинобудування»



Хмельницький національний університет

ПРИКЛАДНІ КОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ГАЛУЗІ

*Методичні вказівки до вивчення дисципліни
для здобувачів вищої освіти ОНР «доктор філософії»
спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»*

*Затверджено на засіданні
кафедри машин і апаратів,
електромеханічних та енергетичних систем.
Протокол № 9 від 29.01.2021*

Хмельницький 2021

Прикладні комп'ютерні технології в галузі : методичні вказівки до вивчення дисципліни для здобувачів вищої освіти ОНР «доктор філософії» спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» / уклад. С. Л. Горященко. Хмельницький : ХНУ, 2021. 106 с.

Укладач: Горященко С. Л., канд. техн. наук, доц.

Відповідальний за випуск: Поліщук О. С., д-р техн. наук, проф.

Редактор-коректор: Яремчук В. С.

Технічне редагування і верстка: Карпанасюк В. П.

Макетування здійснено редакційно-видавничим відділом Хмельницького національного університету (м. Хмельницький, вул. Інститутська, 7/1). Підп. 15.04.2021. Зам. № 17е/21, електронне видання, 2021.

© ХНУ, 2021

Вступ

Навчальну дисципліну «Прикладні комп'ютерні технології в галузі» віднесено до освітньо-професійних дисциплін підготовки аспірантів спеціальності «Галузеве машинобудування». Вона є важливою частиною циклу комп'ютерних дисциплін. Її вивчення дозволяє здобувачам оволодіти знаннями в галузі моделювання систем, методами імітаційного моделювання із застосуванням пакета CosmosWorks. Обсяг дисципліни – 8 кредитів.

Завдання: вивчити прийоми і способи, необхідні для формалізації, вивчення та інтерпретації технічних процесів з використанням прикладні комп'ютерні технології.

Метою дисципліни є формування теоретичних знань з основ прикладних комп'ютерних технологій, засвоєння аспірантами основних підходів і принципів побудови моделей та надбання навичок їх застосування для вирішення задач моделювання, що виникають при розробці машинобудівних конструкцій, деталей та вузлів. При цьому велика увага приділяється практичній роботі аспірантів на персональних комп'ютерах та рішення задач, що виникають у галузі.

Об'єкт вивчення дисципліни – різноманітні (технічні, фізичні тощо) процеси, що відбуваються у машинобудівних конструкціях, деталях та вузлах.

Предметом вивчення дисципліни є загальновідомі методології та сучасні комп'ютерні технології проектування і моделювання машинобудівних конструкцій, деталей та вузлів. **Прикладне моделювання** – спеціальна дисципліна, що ставить за мету аналіз моделей елементів конструкції машин та апаратів, їх дослідження за допомогою універсальних методів, а також специфічних методів суміжних з нею наук (математика, дослідження операцій, програмування).

У процесі навчання аспіранти отримують необхідні знання при проведенні лекційних і лабораторних занять. Також велике значення щодо закріплення знань має самостійна робота.

Для кращого засвоєння матеріалу аспіранти мають володіти знаннями і навичками з дисциплін «Вища математика» та «Інформатика»; вміти використовувати комп'ютерну техніку і сучасні інструментальні засоби інформаційних технологій для вирішення задач моделювання систем. Дисципліна дає їм змогу оволодіти знаннями теоретичних положень комп'ютерних технологій, забезпечити проведення науково-дослідної та успішне виконання випускної роботи. Необхідним елементом цього є самостійна робота з літературою з питань моделювання.

Аспірант, який успішно завершив вивчення дисципліни, має: **обирати** та **використовувати** релевантні комп'ютерні технології для проведення наукових досліджень, опираючись на загальну методологію наукового пізнання з урахуванням світоглядних позицій сучасної науки і її ролі у розвитку суспільства; **використовувати** можливості конкретних комп'ютерних технологій для отримання наукової інформації; **здійснювати** наукові дослідження, інтегруючи методи, підходи, процедури емпіричного, гносеологічного й мета-теоретичного рівнів пізнання, вдаючись до абстрактного мислення для обґрунтування наукових положень і моделювання процесів; **досягати** наукових результатів, використовуючи нормативні та довідникові дані, для розв'язання актуальних проблем теорії і практики; **демонструвати** навички презентації та оприлюднення результатів наукових досліджень; **розробляти** методики, організувати та проводити експериментальні дослідження, аналізувати їх результати з метою створення нового та удосконалення існуючих технологій та обладнання; **знати** та **застосовувати** існуючі технічні засоби і математичні методи розрахунків, що використовуються в процесі експериментальних досліджень, розробки та реалізації механічних конструкцій, машин, матеріалів і виробничих процесів машинобудування на основі новітніх знань в галузі механіки та суміжних предметних галузей; **знати** та **розуміти** прикладні інформаційні пакети програм, що надають можливість здобути необхідну інформацію та перетворювати її, критично аналізувати інформаційні джерела в професійній сфері; розуміння теоретичних положень та методичних основ проектування і використання складних моделей, програм, стратегій; вміння і навички використовувати сучасні методи математичного та імітаційного моделювання для опису технічних систем, фізичних процесів та явищ; **вміти** обирати і обґрунтовувати необхідні методи та засоби досліджень, розробляти фізичні, математичні та комп'ютерні моделі об'єктів дослідження. Прогнозувати працездатність опираючись на статистичні дані.

Тема 1.

Дослідження деформації пружного елемента

Мета: провести моделювання деформації пружного вузла на основі кручених циліндричних пружин, що працюють під навантаженням.

1.1. Постановка завдання

Розглянемо циліндричну пружину (рис. 1.1). Її середній діаметр $D_0 = 14$ мм; діаметр витків $d = 2$ мм; число робочих витків круглого перетину $n = 9$; крок $t = 5$ мм.

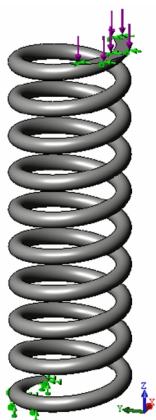


Рис. 1.1 – Модель пружини з граничними умовами

Отже, в моделі відсутні стиснуті витки, а для програми граничних умов використовуються поверхні, що утворилися в результаті «шліфування» кінців. Такі спрощення прийняті, щоб максимально наблизити геометрію до розрахункової моделі, на базі якої ґрунтуються відомі аналітичні оцінки. Розрахована відповідно до заданих значень податливість пружини в осьовому напрямі – $\lambda = 0,150$ мм/Н, жорсткість – $K = 6,67$ Н/мм.

Граничні умови складаються в одній шліфованій грані для усіх напрямів, а грань, до якої прикладене осьове навантаження, – тільки в площині перпендикулярній осі. Останнє збільшує жорсткість віртуальної пружини, перешкоджаючи зміни її радіального розміру, але запобігає перекошуванню. Це істотно спотворює картину напружено-деформованого стану і призводить до відхилення чисельної моделі від аналітичної ідеалізації. У розрахунку використовуємо навантаження 10 Н.

Тема 2.

Дослідження амортизаційних елементів

Мета: визначити деформації з використанням моделі кінцево-елементного аналізу для елемента на основі прорізних пружин.

2.1. Постановка завдання

Розглянемо прорізну циліндричну пружину, креслення якої показано на рис. 2.1. Її внутрішній середній діаметр $d = 82$ мм; зовнішній $D = 106$ мм; товщина кільця $H = 13$ мм; число кілець $N = 11$; центральний кут кільця – 160° . Слід звернути увагу, що границі прорізів збігаються з радіусами. Геометрична модель показана на рис. 2.2.

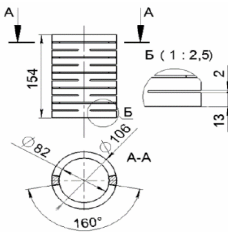


Рис. 2.1 – Креслення пружини

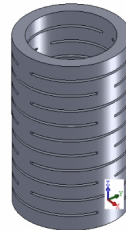


Рис. 2.2 – Геометрична модель прорізної пружини

Податливість пружини з урахуванням кінцевої величини центрального кута $\lambda = 7,06 \cdot 10^{-4}$ мм/Н. Відповідно жорсткість $K = 1,42 \cdot 10^4$ Н/мм. Якщо в аналітичному розрахунку не враховувати ширину перемичок (центральный кут дорівнює 180°), то $\lambda = 9,30 \cdot 10^{-5}$ мм/Н. Оскільки надалі більш зручно буде порівнювати величини переміщень, то прогнозована осьова усадка для сили 1000 Н становить $7,06 \cdot 10^{-2}$ мм або, за відсутності перемичок – $9,30 \cdot 10^{-2}$ мм.

Розрахункова модель показана на рис. 2.3.

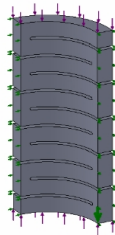


Рис. 2.3 – Граничні умови при навантаженні силою

Тема 3.

Дослідження течії в системі з пористим фільтром

Мета: визначити параметри течії (тиск та швидкість) рідини скрізь пористе середовище.

3.1. Постановка завдання

Розглянемо фільтрувальну колону, геометрична модель якої показана на рис. 3.1 та 3.2. Вона складається з бака та системи фільтрів, що представляють собою стакани з фланцями. Фільтри опираються на патрубки, з'єднані з конічною перегородкою. Через це ділянки циліндрів на фільтрах, які вставлені в патрубки, фактично не мають проникності. Використовуємо для досліджень розділ «Гідрогазодинаміка і теплопередача» – SolidWorks Simulation.

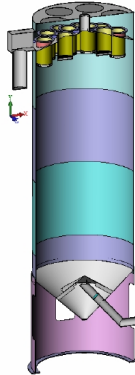


Рис. 3.1 – Геометрична модель колони – розріз вертикальною площиною

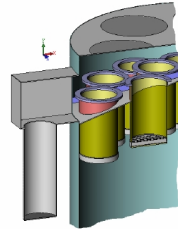


Рис. 3.2 – Модель колони (фрагмент)

Конструкція цих моделей є досить складною. Бічні грані складаються з вертикальних ребер з циліндричним навиванням трапецеїдального перетину. Більше значення зорієнтоване на зовнішню сторону за відношенням до потоку. Дно утворене повторюваними прямолінійними елементами, перетин яких ідентично використаний в навиванні. Вони з'єднані під прямим кутом з набором паралельних ребер, невеликого розміру, які, в свою чергу, опираються на паралельні пластини. Така схема надає конструкції достатню жорсткість. Рідина в колону надходить з нижнього патрубка, піднімається вгору, потім проходить через фільтри і виходить через лівий верхній патрубок вниз. Метою аналізу є

Тема 4.

Дослідження системи, що працює під тиском

Мета: розрахунок лінзового компенсатора з визначенням найбільш раціональної розрахункової моделі, а також порівняння з іншими результатами, які отримані звичайно-елементними програмами.

4.1. Постановка завдання

Розглядається лінзовий компенсатор трубопроводу АЕС, характерні розміри якого показані на рис. 4.1, а геометрична модель в розрізі – на рис. 4.2.

Потрібно оцінити напружено-деформований стан під дією характерних навантажень. Також стоїть завдання вибору раціональної кінцево-елементної апроксимації для задач подібного типу.

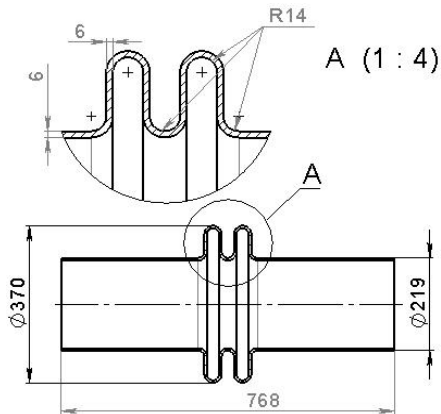


Рис. 4.1 – Розміри компенсатора

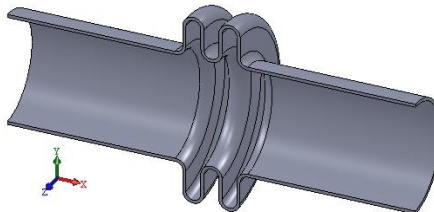


Рис. 4.2 – Геометрична модель в розрізі

Тема 5.

Дослідження гідроаккумулятора

Мета: розрахунок гідроаккумулятора, що представлено у вигляді циліндричної оболонки з еліптичним дном під дією рівномірно розподіленого тиску, а також порівняння з результатами, отриманими іншими звичайно-елементними програмами.

5.1. Постановка задачі

Креслення корпусу показано на рис. 5.1. Слід звернути увагу, що розміри наведені для серединної поверхні.

Потрібно оцінити напружено-деформований стан і, зокрема, максимальні окружні та меридіональні напруження в центрі еліптичного дна і поблизу зони переходу від дна до обичайки.

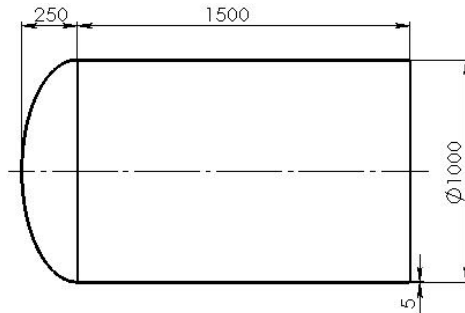


Рис. 5.1 – Розміри корпусу

Геометричні характеристики: діаметр циліндра на середині поверхні $D = 2 \cdot r_0 = 1000$ мм; товщина стінки обичайки і дна $t = 5$ мм; висота еліптичного дна у середині поверхні $H = 0,5 \cdot r_0 = 250$ мм.

Властивості матеріалу (сталі): $E = 2,0 \cdot 10^{11}$ МПа; $\nu = 0,3$. Навантаження – внутрішній тиск 1 МПа.

Характерні (окружні та меридіальні) напруження розраховують за формулами [3]:

– в зоні переходу $\sigma_{окр} = 1,07 P_{r_0}$; $\sigma_M = P_{r_0}$; в центрі дна $\sigma_I = \sigma \cdot M = P_{r_0}$.

Для заданої геометрії і навантажень: в зоні переходу дна до обичайки $\sigma_{окр} = 10^7$ МПа; $\sigma_M = 50$ МПа; в центрі дна –

$$\sigma_{окр} = \sigma_M = 100 \text{ МПа.}$$

Тема 6.

Дослідження мембранних систем

Мета: побудова розрахункових моделей плоских тонких мембран круглої форми з урахуванням «великих переміщень», а також порівняння з аналітичними результатами.

6.1. Постановка задачі

Розглядається плоска кругла тонка мембрана радіусом 100 мм. Її геометрична модель виконана за допомогою поверхонь SolidWorks (рис. 6.1). Лініями розрізу вихідна поверхня розділена на чотири сектори. Це зроблено для побудови уточненої сітки, а також гарантованого потрапляння вузла сітки в центр мембрани.

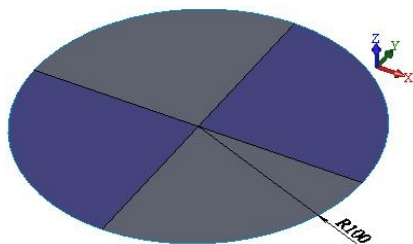


Рис. 6.1 – Геометрична модель мембрани

Товщина мембрани складає 0,4 мм. Властивості матеріалу (сталі) показані на рис. 6.2.

Оболочка Детализация	
Имя исследования	МПерем (-По умолчанию-)
Состав оболочки	Тонкостенный
Толщина оболочки	0.4
Имя материала	Легированная сталь
Источник материала	Библиотека Simulation
E _X	2.1E+011 N/m ²
ν _{XY}	0.28
G _{XY}	7.9E+010 N/m ²
DENS	7700 kg/m ³
SIG _{XT}	7.2383E+008 N/m ²
SIG _{YLD}	6.2042E+008 N/m ²
ALPX	1.3E-005 /Kelvin
KX	50 W/(m.K)
C	460 J/(kg.K)

Рис. 6.2 – Властивості матеріалу мембрани

Тема 7.

Дослідження стійкості плоских деталей

Мета: розрахувати стійкість прямо-вугільної пластини при чистому зсуві та порівняти результати з аналітичним рішенням.

7.1. Постановка задачі

Розглядають прямокутну тонку пластину розміром 300×500 мм. Її геометрична модель виконана за допомогою поверхні SolidWorks. Товщина пластини становить 3 мм. Властивості матеріалу (сталі) звичайні: $E = 2,1 \cdot 10^{11}$ Па; $\nu = 0,28$. Навантаження – чистий зсув, дотичні напруження спрямовані уздовж сторін. Граничні умови – безмоментне спирання.

7.2. Розрахункова модель

Геометрія розрахункової моделі показана на рис. 7.1. Прийнята гіпотеза «товстих» оболонок, враховує деформації поперечного зсуву.

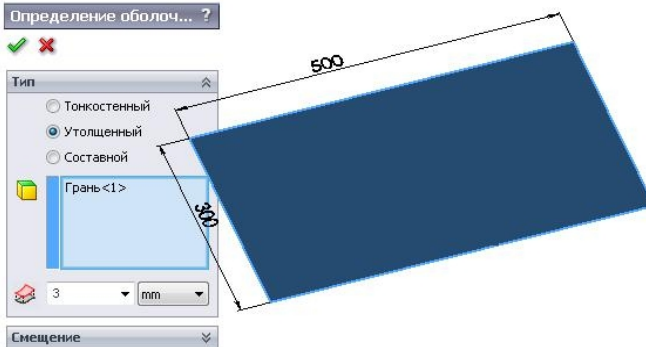


Рис. 7.1 – Геометрія розрахункової моделі

Граничні умови наведені на рис. 7.2. Шарнірні задачі реалізовані за допомогою обмеження переміщень граничних країв у напрямі, перпендикулярному до пластини. Для стабілізації моделі (виключення характеру руху як жорсткого цілого) введено два додаткових закріплення. Перше – фіксація однією з трьох вершин (з них оригінальними є два напрями закріплення, так як фіксація уздовж нормалі забезпечується закріпленням країв) переміщення і повороту щодо нормалі до пластини (рис. 7.3).

Тема 8.

Дослідження надійності рамної конструкції

Мета: навчитись проводити розрахунок гнучкої рамної конструкції стенда.

8.1. Постановка задачі

Загальний вигляд конструкції показаний на рис. 8.1.

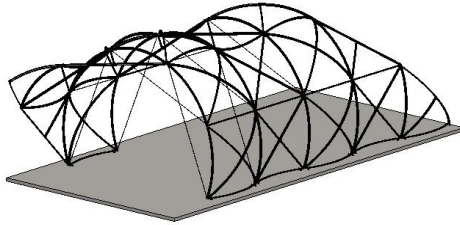


Рис. 8.1 – Загальний вигляд конструкції стенда

Її особливістю є відносно велике число порожньотілих криволінійних алюмінієвих профілів складного перетину, що функціонують як балкові елементи. У вузлах вони зв'язуються за допомогою гнутих пластин зі сталі (рис. 8.2).



Рис. 8.2 – Вузол з'єднання

При з'єднанні профілів використовують болти, потім їх комбінують в пари. Деякі вузли з'єднані стяжками, що представляють собою тонкі суцільні стрижні, які приєднують до вузлів конструкції.

Нетривіальним (з точки зору розрахунку) є пристрій опор (рис. 8.3). Ці опори (їх п'ять) регулюються за висотою установочними гвинтами так, щоб всі вони перебували в контакті з підлогою. Ніяких

Література

1. Алямовский А. А. SolidWorks/COSMOSWorks. Инженерный анализ методом конечных элементов / А. А. Алямовский. – М. : ДМК Пресс, 2004. – 432 с.
2. Алямовский А. А. SolidWorks Simulation. Как решать практические задачи / А. А. Алямовский. – СПб. : БХВ-Петербург, 2012. – 448 с.
3. Алямовский А. А. Основы расчета конструкций на прочность в среде SolidWorks / А. А. Алямовский. – М. : ДМК Пресс, 2010. – 784 с.
4. Твердотельное моделирование. Практикум по работе в программе ANSYS / О. Ф. Дашенко [и др.]. – Одесса : Стандартъ, 2011. – 105 с.
5. Яхно Б. О. ABAQUS у задачах механіки : навч. посіб. / Б. О. Яхно. – Київ : НТУУ «КПІ», 2011. – 128 с.
6. Хусаїнов Д. Я. Введення в моделювання динамічних систем : навч. посіб. / Д. Я. Хусаїнов, І. І. Харченко, А. В. Шатирко. – Київ. – КНУ ім. Тараса Шевченка. – 132 с.
7. Давибіда, Л. І. Інформаційні технології в наукових дослідженнях : конспект лекцій / Л. І. Давибіда. – Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2013. – 51 с.
8. Невенченко А. І. Інформаційні технології в наукових дослідженнях : конспект лекцій / А. І. Невенченко. – Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2015. – 116 с.

Зміст

Вступ	3
Тема 1 Дослідження деформації пружного елемента.....	6
Тема 2 Дослідження амортизаційних елементів	13
Тема 3 Дослідження течії в системі з пористим фільтром	25
Тема 4 Дослідження системи, що працює під тиском.....	44
Тема 5 Дослідження гідроакумулятора	57
Тема 6 Розрахунок плоских тонких мембран.....	68
Тема 7 Дослідження стійкості плоских деталей.....	76
Тема 8 Дослідження надійності рамної конструкції	88
Література	105