

УДК 536.24

В.І. Ліповський

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

МЕТОДОЛОГІЧНІ ПІДХОДИ ДО ВИВЧЕННЯ БУДІВЕЛЬНОЇ МЕХАНІКИ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ (ЛА)

У статті представлені методологічні підходи до вивчення базової інженерної дисципліни «Будівельна механіка ЛА». Виконано обґрунтування використання системного аналізу та синтезу при вивченні дисципліни, як основи формування конкурентно спроможних майбутніх інженерів.

Ключові слова: методологічні підходи, системний підхід, будівельна механіка літальних апаратів.

В статье представлены методологические подходы к изучению базовой инженерной дисциплины «Строительная механика ЛА». Выполнено обоснование использования системного анализа и синтеза при изучении дисциплины, как основа формирования конкурентно способных будущих инженеров.

Ключевые слова: методологические подходы, системный подход, строительная механика летательных аппаратов.

The article presents a methodological approach to the study of the basic engineering discipline "Structural mechanics of the aircraft." The substantiation of the use of systems analysis and synthesis in the study of discipline, as the basis for the formation of competitive future engineers, was carried out.

Keywords: methodological approaches, systems approach, building mechanics of aircraft.

Вступ. Курс «Будівельна механіка літальних апаратів» є одним з базових інженерних курсів для підготовки бакалаврів за напрямом спеціальності «Авіація і ракетобудування» на кафедрі проектування та конструкцій фізико-технічного факультету ДНУ ім. О. Гончара.

Метою курсу є вивчення методів визначення навантаження на ЛА та розрахунків на міцність основних елементів конструкції. Ознайомлення з основними поняттями нормування міцності ЛА; вивчення методів визначення навантажень на елементи конструкції ЛА та розрахунків на міцність. Результати навчання формують основи інтегральної, загальної та спеціальної компетенції, а саме:

- здатність розв'язувати комплексні проблеми в галузі авіаційної і ракетно-космічної техніки, у тому числі дослідницько-інноваційної діяльності, що передбачає глибоке переосмислення наявних та створення нових цілісних знань та професійної практики;

- здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу;

- здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел;

- здатність приймати обґрунтовані рішення при виконанні проектно-конструкторських робіт, плануванні та здійсненні експерименту, розробці технологічних процесів виготовлення нової техніки;
- здатність проведення досліджень в галузі проектування, випробувань та виробництва ракетно-космічної техніки.

Методологічні підходи до вивчення курсу. Сучасна інженерна освіта повинна готувати системного інтегратора, який здатен синтезувати і здійснювати нововведення (інновації), поповнювати свої знання протягом усієї трудової діяльності і адаптуватися до швидких технологічних змін на світовому ринку. Ця необхідність ще диктується й особливостями ринкової економіки, в умовах якої професійне інженерне майбутнє не настільки певне. Молодий інженер буде мати справу з новими технологіями, які ще не існують, але, проявляючись, швидко будуть впроваджуватися у виробництво, ініціюючи потребу в відповідних інженерах. Прикладом є поява та впровадження за останні п'ять років нових адитивних технологій, а за останні 15 років використання САЕ систем у проектно-конструкторських та наукових роботах.

Процес вивчення побудований на загальноприйнятих принципах, формах, структурі, логічній організації, методах та засобах реалізації мети підготовки бакалаврів. Види робіт при вивченні дисципліни такі: аудиторні - лекції, лабораторно-практичні заняття, наукові семінари; самостійні – розрахунково-графічні роботи, самопідготовка. При самостійному вивченні розділів, повторенні лекційного матеріалу, підготовці до лабораторних і практичних занять, а також при поточному контролі студенти використовують навчальні посібники кафедри підручники, монографії інших авторів [1-10].

Основний напрям у підготовці майбутніх інженерів є побудова системного сприйняття до об'єктів курсу «Будівельна механіка ЛА». Методи вивчення курсу – аналіз та синтез є основою системного підходу до аналізу міцності, стійкості та жорсткості конструкцій ЛА. Яскравими ілюстраціями аналізу в курсі є: подання реального конструкції літального апарату у вигляді розрахункової схеми. Прикладом синтезу є перехід від дослідження напружено-деформованого стану окремого стержня в опорі матеріалів до стрижневий системі (рамі, фермі, арці і їх комбінацій) в будівельній механіці. При вивченні конкретного об'єкта дослідження, як правило, аналіз і синтез використовуються одночасно, оскільки вони взаємопов'язані. Основною формою такого зв'язку є моделювання. При створенні моделі предмети або явища, що становлять певну сукупність, які об'єднують їхні властивості і характерні ознаки. Наприклад, розподіл стрижневих систем на рами, ферми, арки, арочні ферми, вантові системи і т. п. Чи, наприклад, бак – це сукупність оболонок, розпірних шпангоутів та силових елементів. Синтез дає можливість об'єднувати предмети або знання про них, тобто здійснювати систематизацію. Системний підхід дозволяє глибше синтезувати знання про предмет, повніше розкривати його взаємозв'язку з іншими предметами.

В теорії пружності добре відома мембранна аналогія. З її допомогою вирішено багато досить складних задач. Наприклад, завдання про розрахунок

пластинок на поперечний згин, стійкість. В цих випадках використовується аналогія в математичній записи явищ вигину мембрани і пластини, тобто всі ці завдання можуть бути описані однією математичною моделлю. Математична модель дозволяє побудувати інженерну методику розрахунку на міцність, стійкість та жорсткість елементів конструкцій ЛА. Математична модель ЛА складається з розрахункової схеми ЛА і методів розрахунку.

Розрахункова схема ЛА - спрощене уявлення ЛА (абстракція). Воно досягається за допомогою геометричного моделювання ЛА, моделювання впливу зовнішнього світу та фізичного моделювання поведінки матеріалів конструкції. Для виконання геометричного моделювання виконують аналіз конструктивно компоувальної схеми ЛА. При аналізі використовують наступні геометричні примітиви: стрижень, пластина, оболонка, масивне тіло. Аналізуючи силові потоки, структурно виділяють елементи конструкції і моделюють їх примітивами. Наприклад, конструктивні елементи (корпус, днище, бак ...) моделюють за допомогою оболонок і пластин; стрінгер, раму, а також елементи з'єднання - за допомогою стрижня, шпангоут - за допомогою кільця тощо. На цьому етапі виконується декомпозиція конструкції. Конструкція буде складатися з елементів, побудованих за допомогою геометричних примітивів пов'язаних між собою за допомогою внутрішніх зусиль. Внутрішні зусилля виступають зовнішніми навантаженнями.

При виконанні моделювання впливу зовнішнього світу на конструкцію, вплив замінюють навантаженнями. Вони можуть бути наземними і польотними. Головними розрахунковими вважають польотні: діючі в момент старту, навантаження під час максимального швидкісного напору, навантаження під час поділу ступенів, скидання обтічника, в разі входження в атмосферу. Кожне поєднання цих навантажень визначає розрахунковий випадок.

Навантаження за характером можуть бути зосереджені, поверхневі, об'ємні. Крім того, можуть бути активні і реактивні, статичні і динамічні. Будь-яка змінна статичного навантаження може бути динамічною і може бути визначена власною частотою коливання. Якщо частота коливань зовнішнього навантаження дорівнює двом-трьом періодам тривалості власних коливань, то таке навантаження називають динамічною. Якщо більше чотирьох-п'яти, то змінне навантаження називається статичною. У цей випадку з'являється накопичення пошкоджень, яке призводить до появи мікротріщин конструкції (втома). Якщо час дії менше часу проходження звукової хвилі, то воно називається ударним.

В курсі будівельної механіки головним конструктивним елементом розглядаються пластина і оболонка в умовах статичного навантаження. Для опису поведінки і реакції конструкції на зовнішній вплив використовують фізичне моделювання поведінки матеріалу. Кожна модель визначається властивостями матеріалу (теплових і силових навантажень). Для побудови моделей використовують діаграми деформації, повзучості, витривалості термомеханічної поверхні механізму. Фізична модель будується на підставі припущення про властивості матеріалу. Якщо конструкція працює за межами

пружності, то найчастіше використовують пружні рішення, які ітераційно уточнюються по діаграмі деформації. Працездатність конструкції ЛА визначається для всіх розрахункових випадків. На етапі ескізного проектування розрахунковим є найбільш несприятливе поєднання навантажень. Для цього поєднання визначається розрахунковий параметр працездатності, який порівнюється з допуском. Приведений опис побудови розрахункової схеми представлено на рис. 1.



Рис. 1 Приклад аналізу та синтезу конструкцій ЛА

Систематизація викладання всіх аспектів курсу є основою успішного засвоєння теоретичного та практичного матеріалу курсу. Зворотний зв'язок між викладачем і студентами при вивчанні курсу виконують за допомогою практичних, лабораторних занять, а також за допомогою поточного контролю. Поточний контроль проводиться за допомогою бально-рейтингової системи. Ця система дозволяє проводити підвищення якості навчання за рахунок інтенсифікації навчального процесу, формування культури самостійної освітньої діяльності студентів і активізації роботи професорсько-викладацького складу щодо вдосконалення змісту і методів навчання.

Основними завданнями введення бально-рейтингової системи є:

- підвищення мотивації студентів до освоєння загальноосвітньої програми за рахунок більш повної диференціації оцінки результатів їх навчальної діяльності;
- формування навичок самоорганізації навчальної праці у студентів;
- вдосконалення моніторингу поточної роботи студентів в семестрі;
- підвищення об'єктивності оцінок освоєння студентами дисципліни (модулів) при проведенні поточної та проміжної атестації;
- виявлення інтересів студентів та планування наукової студентської роботи.

Інтегрування бально-рейтингової оцінки вивчення курсу з рейтинговою системою факультету дозволяє адміністрації виявляти найкращих студентів до подання їх кандидатур на іменні стипендії фонду Леоніда Даниловича Кучми, та фонду Віктора Пінчука, виконувати частично профорітаційну роботу по майбутньому працевлаштуванню студентів. Поточний контроль виконують за допомогою тестових питань та задач.

Висновки. Аналіз, синтез та моделювання конструкцій літальних апаратів допомагає формувати у студента системне мислення, та навички рішень проектних, перевірочних інженерних задач механіки деформованого твердого тіла. Своєчасна перевірка знань допомагає студентам успішно засвоїти навчальний матеріал та підвищити якість навчання.

Бібліографічні посилання

1. А.Г. Макаренков, Ю.И. Саввин, Р.Д. Красникова Расчет на прочность подкрепленных тонкостенных конструкций. Пособие по курсовому и дипломному проектированию, Дн-ск, ДГУ, 1986.
2. Методичні вказівки до виконання курсових робіт по курсу «Будівельна механіка ЛА», скл. Краснікова Р.Д., Линник А.К. Дн-ск, ДНУ, 2011 – 30 с.
3. Ліповський В.І. Конспект лекцій з курсу «Будівельна механіка ЛА», Дн-ск, ДНУ, 2018 - 120с (електронний варіант).
4. Балабух Л.И., Алфутов Н.А., Усюкин В.И. Строительная механика ракет М.: Высш. шк., 1984. – 391с.
5. Лизин В.Т., Пяткин В.А. Проектирование тонкостенных конструкций. М.: Машиностроение, 1985 – 343 с.
6. Проектування і конструкція ракет-носіїв /В.В. Близниченко, Є.О. Джур, Р.Д. Краснікова, Л.Д. Кучма, А.К. Линник та інш.– Д.: Вид-во ДНУ, 2007. –504с.
7. Прочность ракетных конструкций /В.И. Моссаковский, А.Г. Макаренков, П.И. Никитин и др. – М.: Высш. шк., 1990. – 359 с.
8. Прочность, устойчивость, колебания. Справочник в 3-х томах, том 1. Под ред. Биргера И.А., Пановко Я.Г. М.: Машиностроение, 1968 – 831 с.
9. Строительная механика ЛА /И.Ф. Образцов, Л.А. Булычев, В.В. Васильев и др. - М: Машиностроение, 1985 – 536 с.
10. Усюкин В.И. Строительная механика конструкций космической техники. М.: Машиностроение, 1988 – 392 с.

Надійшла до редколегії 25.04.2019