

Міністерство освіти і науки України  
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського  
«Харківський авіаційний інститут»

Кафедра Космічної техніки і нетрадиційних джерел енергії (№ 402)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Гарант ОП

К.В. Безручко Безручко К.В.  
«31» 08 2021 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**Переддипломний курс**

(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань: 13 «Механічна інженерія»  
(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальність: 134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка»  
(код та найменування спеціальності)

Освітня програма: «Супутники, двигуни та енергетичні установки» – 1 рік 4 місяці  
(найменування освітньої програми)

Рівень вищої освіти: другий (магістерський)

**Харків 2021 рік**

Робоча програма «Переддипломний курс

(назва дисципліни)

для студентів за спеціальністю 134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка»  
освітньою програмою «Супутники, двигуни та енергетичні установки» – 1 рік 4  
місяці

«24» 08 2021 р., – 13 с.

Розробники: Губін С. В., канд. техн. наук, професор

(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь та вчене звання)

Лоян А. В., канд. техн. наук, ст. викл

(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

(підпис)

Робочу програму розглянуто на засіданні кафедри 402 Космічної техніки та нетрадиційних джерел енергії

Протокол № 1 від «30» серпня 2021 року

Завідувач кафедри к.т.н.

(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

С. В. Сінченко

(ініціали та прізвище)

## 1. Опис навчальної дисципліни

| Найменування показників                                                                                 | Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Характеристика навчальної дисципліни       |                    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------|
|                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Денна форма навчання                       |                    |
| Кількість кредитів – 4                                                                                  | <b>Галузь знань</b><br><u>13 «Механічна інженерія»</u><br>(шифр та найменування)<br><br><b>Спеціальність</b><br><u>134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка»</u><br>(код та найменування)<br><br><b>Освітня програма</b><br><u>«Супутники, двигуни та енергетичні установки» – 1 рік 4 місяці</u><br>(найменування)<br><br><b>Рівень вищої освіти:</b><br><br>другий (магістерський) | Цикл професійної підготовки (за вибором) – |                    |
| Кількість модулів – 1                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | <b>Навчальний рік</b>                      |                    |
| Кількість змістових модулів – 2                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 2021/ 2022                                 |                    |
| Індивідуальне завдання РР                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | <b>Семестр</b>                             |                    |
| Загальна кількість годин – 120<br>денна – 32/ 88                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | <u>  2  </u> -й                            | <u>  -  </u> -й    |
|                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | <b>Лекції<sup>1)</sup></b>                 |                    |
| Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 2<br>самостійної роботи студента – 5,2 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 32годин                                    | <u>  -  </u> годин |
|                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | <b>Практичні, семінарські<sup>1)</sup></b> |                    |
|                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | <u>  -  </u> годин                         | <u>  -  </u> годин |
|                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | <b>Лабораторні<sup>1)</sup></b>            |                    |
|                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | <u>  -  </u> годин                         | <u>  -  </u> годин |
|                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | <b>Самостійна робота</b>                   |                    |
|                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 88 годин                                   | <u>  -  </u> годин |
| <b>Вид контролю</b>                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                            |                    |
|                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | іспит                                      | -                  |

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить:  
 для денної форми навчання – 32/88;  
 для заочної форми навчання – 0/0.

<sup>1)</sup> Аудиторне навантаження може бути зменшене або збільшене на одну годину в залежності від розкладу занять.

## 2. Мета та завдання навчальної дисципліни

**Мета вивчення** – надбання, зміцнення та розширення знань та вмінь з розробки та конструювання енергетичних та рухових електроракетних установок космічних літальних апаратів, що стосуються фахової підготовки з виконання магістерської роботи відповідно до фаху.

### **Завдання:**

– засвоїти матеріал з конспекту лекцій, методичної та технічної документації згідно до магістерської роботи з проектування космічного апарату його рушійної та енергетичної установки.

## 3. Програма навчальної дисципліни

### **Модуль 1.**

**Змістовний модуль 1.** *Структура космічного апарату та енергетичної установки*

**Тема 1. Особливості конструкції сучасної енергетичної установки космічного апарата.** Особливості конструкції сучасної енергетичної установки космічного апарата на основі фотоелектричної й акумуляторної батареї. Методи розміщення. Компонування СЕЗ на КА. Види конструкцій БФ та БХ, їхнє компонування на КА.

**Тема 2. Механізми фотоелектричних батарей.** Схеми розкриття БФ. Класифікація схем розкриття. Особливості різних схем розкриття БФ. Застосування схем розкриття. Основи їх кінематичних розрахунків. Кінематика редуктора механізму розкриття. Кінематичний розрахунок пантографа. Механізми розкриття батарей фотоелектричних. Класифікація механізмів розкриття. Особливості конструкцій механізмів розкриття. Вибір конструкційних матеріалів. **Приводи механізмів розкриття** (пружинні, електричні, пневматичні, гідравлічні). Розрахунок пружинних двигунів (стиску - розтягання, крутіння, спірального, торсіонного). Розрахунок та вибір електропривода механізму розкриття. Розрахунок на міцність пружинних двигунів і редукторів. Механізми фіксації батарей фотоелектричних. Особливості конструкцій механізмів фіксації. Розрахунок на міцність механізмів фіксації. Механізми відділення. Конструкція механізмів відділення. Розрахунок параметрів пружинного та піротовкача.

**Тема 3. Силкові елементи фотоелектричних батарей.** Силкові елементи БФ. Структура силових елементів. Рамні конструкції сонячних батарей. Несучі підкладки рамних конструкцій. Матеріали рамних конструкцій. Стільникові пластові конструкції. Конструкційні матеріали силових елементів БФ. Тришарові стільникові конструкції. Електричне з'єднання, струмопроводи та електромагнітна сумісність. Вибір матеріалів та технології. **Проектувальні розрахунки силових елементів БФ.** Розрахунок маси БФ із металевою рамою. Розрахунок маси БФ із композиційною рамою. Проектувальні розрахунки силових елементів БФ. Розрахунок маси БФ тришарової стільникової конструкції. Розрахунок на вигин рами БФ. Розрахунок на міцність з'єднання фотоелементів. Розрахунок на фізичну надійність силових елементів БФ.

**Тема 4. Механізми орієнтації фотоелектричних батарей.** Системи та механізми орієнтації БФ КА. Структура системи орієнтації БФ. Системи керування механізмом орієнтації. Приводи механізмів орієнтації БФ. Проектувальні розрахунки приводів орієнтації БФ. Струмівідводи БФ і їхні проектувальні розрахунки.

**Тема 5. Особливості конструкції хімічної батареї КА.** Типи корпусів БХ. Конструкція корпусів батареї хімічної. Теплові режими роботи БХ. Електромагнітна сумісність. **Компонування батареї хімічної на КА.** Особливості установки нікель-кадмійових герметичних, нікель-водневих та літій-іонних хімічних батарей на КА.

**Тема 6. Конструкція апаратури регулювання та контролю.** Особливості конструкції апаратури регулювання і контролю. Типи і склади корпусів АРК. Електричне з'єднання

елементів апаратури. Забезпечення теплових режимів. Принципи мінімізації апаратури і силове розвантаження конструкції АРК. Електромагнітна сумісність.

**Тема 7. Закінчення.** Зборка та контроль енергетичної установки на випробувальному стенді. Зборка і контроль енергетичної установки на КА. Перспективи розвитку сучасних енергоустановок КА.

## **Змістовний модуль 2. Структура космічного апарату та космічні рухові установки**

**Тема 1. Двигуни малих тяг на космічному апараті.** Цілі та критерії використання. Сумарний питомий імпульс та терміни дії рухових установок. Рухові установки орбітального маневрування та корекції орбіти. Вимоги до розташування відносно зв'язаної системи координат КА. Стаціонарне та рухоме розміщення з використанням карданових підвісів. Юстирування вектора тяги. Погодження центру мас КА та РУ з урахуванням розходу робочого тіла. Проектувальні розрахунки. Рухові установки кутової орієнтації та стабілізації космічного апарату. Вимоги до розташування зі створення необхідних моментів та кутових швидкостей. Проектувальні розрахунки. Взаємодія з іншими активними та пасивними системами орієнтації та стабілізації.

**Тема 2. Газореактивні системи.** Діапазон та особливості застосування. Гази, що використовуються. Компонування ГРС: баки, редуктори, клапани, магістралі, сенсори, та особливості розташування на КА. Проектні розрахунки. Стендові випробування. Приклади використання на космічних апаратах.

**Тема 3. Електротермічні рухові установки (ЕТРУ).** Діапазон та особливості застосування. Робочі тіла, що використовуються. Компонування ЕТРУ: баки, редуктори, клапани, ресивери, термодроселі, магістралі, сенсори, блоки електроживлення та керування, особливості розташування на КА. Термозахист, захист від космічного простору. Проектні розрахунки. Стендові випробування. Приклади використання на космічних апаратах.

**Тема 4. Рухові установки з імпульсними плазмовими двигунами (ПД).** Діапазон та особливості застосування. Робочі тіла, що використовуються. Компонування ЕРУ: баки, редуктори, клапани, ресивери, термодроселі, магістралі, сенсори, блоки електроживлення та керування, особливості розташування на КА. Термозахист, захист від космічного простору. Електромагнітна сумісність. Особливості використання твердих робочих тіл. Проектні розрахунки. Стендові випробування. Приклади використання на космічних апаратах..

**Тема 5. Рухові установки зі стаціонарними плазмовими двигунами (СПД).** Діапазон та особливості застосування. Робочі тіла, що використовуються. Компонування ЕРУ: баки, редуктори, клапани, ресивери, фільтри, жиклери, термодроселі, магістралі, сенсори, блоки електроживлення та керування, особливості розташування на КА. Термозахист, захист від космічного простору. Електромагнітна сумісність. Нейтралізація плазми. Проектні розрахунки. Стендові випробування. Приклади використання на космічних апаратах.

**Тема 6. Рухові установки з плазмово-іонними двигунами (ПД).** Діапазон та особливості застосування. Робочі тіла, що використовуються. Компонування ЕРУ: баки, редуктори, клапани, ресивери, фільтри, жиклери, термодроселі, магістралі, сенсори, блоки електроживлення високої напруги та керування, особливості розташування на КА. Термозахист, захист від космічного простору. Електромагнітна сумісність високої напруги. Нейтралізація плазми. Проектні розрахунки. Стендові випробування. Приклади використання на космічних апаратах.

**Тема 7. Закінчення.** Особливості пакування, зберігання та транспортування рухових установок. Роботи з РУ у монтажно-випробувальному комплексі космічного апарату та головного блоку (МБК КА та ГБ). Зборка, контроль, заправка РУ на КА. Безпека проведення робіт. Проектні розрахунки.

## **4. Структура навчальної дисципліни**

| Назви змістових | Кількість годин |
|-----------------|-----------------|
|-----------------|-----------------|

| модулів і тем                                                                        | Денна форма |              |   |      |       | Заочна форма |              |   |      |       |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------|--------------|---|------|-------|--------------|--------------|---|------|-------|
|                                                                                      | Усього      | У тому числі |   |      |       | Усього       | У тому числі |   |      |       |
|                                                                                      |             | л            | п | лаб. | с. р. |              | л            | п | лаб. | с. р. |
| 1                                                                                    | 2           | 3            | 4 | 5    | 6     | 7            | 8            | 9 | 10   | 11    |
| <b>Модуль 1</b>                                                                      |             |              |   |      |       |              |              |   |      |       |
| <b>Змістовий модуль 1. Структура космічного апарату та енергетичної установки</b>    |             |              |   |      |       |              |              |   |      |       |
| Тема 1. Особливості конструкції сучасної енергетичної установки космічного апарата.  |             | 4            |   |      | 15    |              |              |   |      |       |
| Тема 2. Механізми фотоелектричних батарей.                                           |             | 6            |   |      | 5     |              |              |   |      |       |
| Тема 3. Силкові елементи фотоелектричних батарей.                                    |             | 6            |   |      | 5     |              |              |   |      |       |
| Тема 4. Механізми орієнтації фотоелектричних батарей.                                |             | 6            |   |      | 5     |              |              |   |      |       |
| Тема 5. Особливості конструкції хімічної батареї КА.                                 |             | 6            |   |      | 5     |              |              |   |      |       |
| Тема 6. Конструкція апаратури регулювання та контролю.                               |             | 4            |   |      | 10    |              |              |   |      |       |
| Тема 7. Закінчення.                                                                  |             | 4            |   |      | 5     |              |              |   |      |       |
| Разом за змістовим модулем 1                                                         |             | 36           |   |      | 50    |              |              |   |      |       |
| <b>Змістовий модуль 2. Структура космічного апарату та космічні рухові установки</b> |             |              |   |      |       |              |              |   |      |       |
| Тема 1. Двигуни малих тяг на космічному апараті.                                     |             | 4            |   |      | 15    |              |              |   |      |       |
| Тема 2. Газореактивні системи.                                                       |             | 6            |   |      | 5     |              |              |   |      |       |
| Тема 3. Електротермічні рухові установки                                             |             | 6            |   |      | 5     |              |              |   |      |       |
| Тема 4. Рухові установки з імпульсними плазмовими двигунами                          |             | 4            |   |      | 5     |              |              |   |      |       |
| Тема 5. Рухові установки зі стаціонарними плазмовими двигунами                       |             | 8            |   |      | 9     |              |              |   |      |       |

|                                                       |  |    |   |   |     |  |   |   |   |  |
|-------------------------------------------------------|--|----|---|---|-----|--|---|---|---|--|
| Тема 6. Рухові установки з плазмово-іонними двигунами |  | 6  |   |   | 5   |  |   |   |   |  |
| Тема 7. Закінчення.                                   |  | 6  |   |   | 10  |  |   |   |   |  |
| Разом за змістовим модулем 2                          |  | 40 |   |   | 54  |  |   |   |   |  |
| <b>Усього годин</b>                                   |  | 76 |   |   | 104 |  |   |   |   |  |
| <b>Модуль 2</b>                                       |  |    |   |   |     |  |   |   |   |  |
| Індивідуальне завдання                                |  | -  | - | - |     |  | - | - | - |  |
| <b>Усього годин</b>                                   |  |    |   |   |     |  |   |   |   |  |

### 5. Теми семінарських занять

| № з/п | Назва теми     | Кількість годин      |                       |
|-------|----------------|----------------------|-----------------------|
|       |                | Денна форма навчання | Заочна форма навчання |
| 1     | не передбачено |                      |                       |
|       | <b>Разом</b>   |                      |                       |

### 6. Теми практичних занять

| № з/п | Назва теми     | Кількість годин      |                       |
|-------|----------------|----------------------|-----------------------|
|       |                | Денна форма навчання | Заочна форма навчання |
| 1     | не передбачено |                      |                       |
|       | <b>Разом</b>   |                      |                       |

### 7. Теми лабораторних занять

| № з/п | Назва теми     | Кількість годин      |                       |
|-------|----------------|----------------------|-----------------------|
|       |                | Денна форма навчання | Заочна форма навчання |
| 1     | не передбачено |                      |                       |
|       | <b>Разом</b>   |                      |                       |

### 8. Самостійна робота

| № з/п | Назва теми                                                                                                                                                                  | Кількість годин      |                       |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|-----------------------|
|       |                                                                                                                                                                             | Денна форма навчання | Заочна форма навчання |
|       | <b>Змістовний модуль 1</b>                                                                                                                                                  |                      |                       |
| 1     | Засвоєння особливості компонування БФ і БХ на борту КА відповідно до задач що виконуються з урахуванням орієнтації, інерції, електромагнітної сумісності відносно зв'язаної | 15                   |                       |

|   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |    |  |
|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|--|
|   | системи координат.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |    |  |
| 2 | Засвоєння методики конструювання одного з механізмів енергетичної установки КА.<br>- пружинно-редукторного механізму розкриття БФ (Вивчення принципу роботи та конструкції пружинно-редукторного механізму розкриття БФ з тормозним регулятором швидкості. Дослідження тягових характеристик пружинно-редукторного механізму розкриття БФ)<br>- двигунно-редукторного механізму розкриття БФ (Вивчення принципу роботи і конструкції двигунно-редукторного механізму розкриття БФ з осьовим та неосьовим приводом. Дослідження динамічних характеристик двигунно-редукторного механізму розкриття БФ)<br>- механізмів фіксації та відділення елементів БФ (Особливості роботи та конструкції механізмів фіксації елементів БФ. Особливості роботи та конструкції механізмів відділення елементів БФ) | 20 |  |
| 3 | Засвоєння методики конструювання та розрахунку міцності і надійності електричних та механічних з'єднань фотоелектричних перетворювачів на стільникових конструкціях БФ.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 15 |  |
|   | <b>Змістовний модуль 2</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |    |  |
| 1 | Засвоєння особливості компонування РУ на борту КА відповідно до задач що виконуються з урахуванням орієнтації, інерції, електромагнітної сумісності відносно зв'язаної системи координат.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 15 |  |
| 2 | Засвоєння методики конструювання одного з типів рухової установки КА.<br>- газореактивної рушійної систем космічного апарату. Дослідження тягових характеристик за відомими значеннями орбітального положення, маси та тензора інерції космічного апарату;<br>- імпульсної плазмової рушійної установки . Дослідження динамічних характеристик за відомими значеннями орбітального положення, та маси космічного апарату;<br>- рушійної установки зі стаціонарним плазмовим двигуном. Дослідження динамічних характеристик за відомими значеннями орбітального положення, та маси космічного апарату;<br>- рушійної установки з плазмо-іонним двигуном. Дослідження динамічних характеристик за відомими значеннями орбітального положення, та маси космічного апарату;                              | 24 |  |
| 3 | Засвоєння методики конструювання та розрахунку міцності і надійності механічного та електричного інтерфейсу рухової установки й космічного апарату.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 15 |  |

|  |              |  |  |
|--|--------------|--|--|
|  | <b>Разом</b> |  |  |
|--|--------------|--|--|

### 9. Індивідуальні завдання не передбачено

### 10. Методи навчання Словесні, практичні, наглядні, дослідницькі

### 11. Методи контролю Усний контроль, перевірка письмових робіт, захист самостійних робіт.

### 12. Розподіл балів, які отримують студенти

| Поточне тестування і самостійна робота |     |     |     |     |     |     |                    |     |     |     |     |     |     | Сума | Підсумковий тест (залік/іспит) у разі відмови від балів поточного тестування та за наявності допуску до заліку/іспиту |                        |
|----------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| Змістовий модуль 1                     |     |     |     |     |     |     | Змістовий модуль 2 |     |     |     |     |     |     |      |                                                                                                                       | Індивідуальне завдання |
| Т 1                                    | Т 2 | Т 3 | Т 4 | Т 5 | Т 6 | Т 7 | Т1                 | Т 2 | Т 3 | Т 4 | Т 5 | Т 6 | Т 7 |      |                                                                                                                       |                        |
| 7                                      | 7   | 8   | 7   | 7   | 7   | 7   | 7                  | 7   | 8   | 7   | 7   | 7   | 7   |      |                                                                                                                       |                        |
|                                        |     |     |     |     |     |     |                    |     |     |     |     |     |     | 100  | 100                                                                                                                   |                        |

T1 ... T14 – теми змістовних модулів.

Розподіл балів, які отримують студенти за виконання курсової роботи (проекту) *не передбачено*

| Пояснювальна записка | Ілюстративна частина | Захист роботи | Сума |
|----------------------|----------------------|---------------|------|
| до ____              | до ____              | до ____       | 100  |

### Шкала оцінювання: національна та ECTS

| Сума балів за всі види навчальної діяльності | Оцінка ECTS | Оцінка за національною шкалою                      |                                                 |
|----------------------------------------------|-------------|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
|                                              |             | для екзамену, курсового проекту (роботи), практики | для заліку                                      |
| 90-100                                       | A           | відмінно                                           | зараховано                                      |
| 83-89                                        | B           | добре                                              |                                                 |
| 75-82                                        | C           |                                                    |                                                 |
| 68-74                                        | D           | задовільно                                         |                                                 |
| 60-67                                        | E           |                                                    |                                                 |
| 01-59                                        | FX          | незадовільно з можливістю повторного складання     | не зараховано з можливістю повторного складання |

### 13. Методичне забезпечення

#### Модуль 1

Солнечные батареи автоматических космических аппаратов (компоновка на КА, конструкция узлов, проектировочные расчеты) / К. В. Безручко, В. Ф. Гайдуков, С. В. Губин, В. И. Драновский, Я. С. Карпов, И. Б. Туркин. – Учеб. пособие для технических вузов и специальностей аэрокосмического профиля. - Харьков: Нац. аэрокосмический ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2001. – 276 с. Б10 К20

#### Модуль 2

Электрореактивные двигательные установки: учеб. пособ./ Н. А. Маштылев, Ю. А. Шепетов, Л. А. Базыма. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2010. – 353 с.

### 14. Рекомендована література

#### Базова

##### Змістовний модуль 1

1. Бортовые энергосистемы космических аппаратов на основе солнечных и химических батарей / Н. В. Белан, К. В. Безручко, В. Б. Елисеев, В. В. Ковалевский, В. А. Летин, В. П. Постановов, А. Н. Федоровский: В 2 ч. - Харьков: Харьк. авиац. ин-т, 1992. -Ч. 1. 452 с. Б20 К20

2. Солнечные энергосистемы космических аппаратов. Физическое и математическое моделирование / К. В. Безручко, Н. В. Белан, Д. Г. Белов и др. / Под ред. акад. НАН Украины С. Н. Конюхова. – Харьков: Гос. аэрокосмический ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2000. – 515 с. Б20 К20

##### Змістовний модуль 2

1. Морозов А.И. Физические основы космических электрореактивных двигателей. Т.1. Элементы динамики потоков в ЭРД [Текст] / А.И. Морозов. – М.: Атомиздат, 1978, 328 с

2. Гришин С.Д. Электрические ракетные двигатели [Текст] / С.Д. Гришин, Л.В. Лесков, Н.П. Козлов. – М.: Машиностроение, 1975. – 273 с.

3. Электрореактивные двигательные установки: учеб. пособ./ Н. А. Маштылев, Ю. А. Шепетов, Л. А. Базыма. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2010. – 353 с.

4. Белан Н.В. Стационарный плазменный двигатель: Учебное пособие [Текст] / Н.В. Белан, А.И. Оранский, В.П. Ким, В.Б. Тихонов. – Х.: ХАИ, 1989. – 42 с., рекомендов. стор.18-20, 137-142, 185-201, 226-238, наявність в бібліотеці – Б 5; наявність на кафедрі – К 10.

5. Белан Н.В. Расчет и проектирование двигательных установок со стационарным плазменным двигателем: Учебное пособие [Текст] / Н.В. Белан, В.П. Ким, Д.Д. Севрук. – Х.: ХАИ, 1987. – 102 с., наявність в бібліотеці – Б 5; наявність на кафедрі – К 23.

#### Допоміжна

##### Змістовний модуль 1

1. Грилихис В. А., Соловьев В. А. Вопросы космической энергетики. – М.: Мир, 1971. - 290 с. Б2 К1

2. Куландин А. А., Тимашев С. В., Иванов В. П. Энергетические системы космических аппаратов. – М.: Машиностроение, 1979. - 419 с. Б2 К1

3. Сердюк В. К., Толяренко Н. В., Хлебникова Н. Н. Ракетостроение и космическая техника. – М.: ВИНТИ, 1990. –Ч. 6, 10, 11. Б3 К0

4. Системы электропитания аппаратов / П. П. Соустин, В. И. Иванчура, А. И. Чернышов, Ш. Н. Исляев. – Новосибирск: Наука, 1994. - 318 с. Б0 К1

5. Безручко К. В. Расчет характеристик солнечных батарей на основе математических моделей. - Харьков: Харьк. авиац. ин-т, 1996. – 39 с.

6. Безручко К. В., Ковалевский В. В. Расчет характеристик химических аккумуляторных батарей на основе математических моделей. - Харьков: Харьк. авиац. ин-т, 1996. - 44 с.

7. Стома С. А., Авербух В. Я. Автоматические электромеханические системы ориентации солнечных батарей ИСЗ // Электротехника. 1991. №9. С.18-24.

8. Элементы приборных устройств (Основной курс): Учеб. пособие для студентов вузов: В 2 ч. / Под ред. О. Ф. Тищенко. – М.: Высш. шк., 1982. –Ч. 1. 263 с.

9. Савостьянов В. П., Филатова Г. А., Филатов В. В. Расчет и проектирование деталей аппаратуры САУ: Учебник для техникумов. – М.: Машиностроение, 1982. – 328 с.
10. Волков Л. И., Шишкевич А. М. Надежность летательных аппаратов: Учеб. пособие для авиационных вузов. – М.: Высш. шк., 1975. – 296 с.
11. Кузнецов А. А. Надежность конструкции баллистических ракет: Учеб. пособие для вузов. – М.: Машиностроение, 1978. – 256 с.
12. Савостьянов В. П., Филатова Г. А., Филатов В. В. Расчет и конструирование деталей аппаратуры САУ. М.: Машиностроение, 1982. – 328 с.
13. Принципы построения автономной системы ориентации батарей КА / В. Я. Авербух, А. Д. Беленький // Труды ВНИИЭМ. 1987. №83. С. 25-27.
14. Авербух В. Я., Попов К. К., Стома С. А., Чашник А. И. Системы ориентации БФ КА с управлением от бортового компьютера // Труды ВНИИЭМ. 1987. №83. С. 11-17.
15. Ендогур А. И., Вайнберг М. В., Иерусалимский К. М. Сотовые конструкции. Выбор параметров и проектирование. – М.: Машиностроение, 1986. – 432 с.
16. Гайдачук В. Е., Карпов Я. С., Кириченко В. В., Щербаков В. Т. Армирующие материалы и связующие для композитов: Учеб. пособие. – Харьков: Харьк. авиац. ин-т, 1991. – 85 с.
17. Сидоренкова М. А., Сливинский В. И. Технология производства трехслойных сотовых конструкций: Учеб. пособие. – Харьков: Харьк. авиац. ин-т, 1997. – 58 с.
18. Гайдачук В. Е., Карпов Я. С., Вербинец П. Ф., Кириченко В. В. Конструкционные материалы для летательных аппаратов: Учеб. пособие. – Харьков: Харьк. авиац. ин-т, 1984. – 108 с.
19. Гайдачук В. Е., Карпов Я. С., Корженевский А. В. Проектирование соединений элементов конструкций летательных аппаратов: Учеб. пособие. – Харьков: Харьк. авиац. ин-т, 1983. – 103 с.

## **Змістовний модуль 2**

1. А.Ф.Гуров и др., «Конструкция и проектирование ДУ», М. Машиностроение, 1981, 320 с., Б-20.
2. В.П.Бельский и др. «Конструкция летательных аппаратов», М. Машиностроение, 1979, 296 с., Б-15.
3. А.С.Авдонин «Расчет на прочность космических аппаратов», М.Машиностроение, 1981, 200 с., Б-10.

## **15. Інформаційні ресурси**

1. Державне космічне агентство України [Електронний ресурс] – Режим доступу <http://www.nkau.gov.ua>.
2. European Space Agency [Електронний ресурс] – Режим доступу <http://www.esa.int>.
3. National Aeronautics and Space Administration [Електронний ресурс] – Режим доступу <http://www.nasa.gov>.
4. Gunter's Space Page [Електронний ресурс] – Режим доступу <http://www.space.skyrocket.de>.
5. Портал по космонавтике и астрономии [Електронний ресурс] – Режим доступу <http://www.nashivkosmose.ru>.
6. Журнал «Новости космонавтики» [Електронний ресурс] – Режим доступу <http://www.novosti-kosmonavtiki.ru>.
7. Национальный центр аэрокосмического образования молодежи им. А. М. Макарова [Електронний ресурс] – Режим доступу <http://www.unaec.dp.ua>
8. The one-stop-shop for all your CubeSat and nanosat systems... [Електронний ресурс] – <http://www.cubesatshop.com>
9. TU Berlin. Institut für Luft- und Raumfahrt. Fachgebiet Raumfahrttechnik. TUBSAT-Missionen [Електронний ресурс] Режим доступу <https://www.raumfahrttechnik.tu-berlin.de/tubsat/>

## **Додаток 1**

### **Контрольні питання за змістовним модулем 1**

1. У чому полягають особливості енергетичної установки космічного апарата на основі фотоелектричної й акумуляторної батареї.
2. На чому засноване компонування СЕЗ на КА;
3. Надати види конструкцій БФ та БХ і пов'язати з їх компонуванням на КА;
4. Які використовуються схеми розкриття БФ, надати їх класифікацію і пояснити особливості;
5. На чому базується застосування схем розкриття. Пояснити методику кінематичних розрахунків схем розкриття БФ;
6. Надати класифікацію механізмів розкриття та пояснити особливості конструкцій механізмів розкриття;
7. Навести приклади приводів механізмів розкриття: пружинні, електричні, пневматичні, гідравлічні;
8. Навести методику розрахунку пружинних двигунів стиску – розтягання;
9. Навести методику розрахунку пружинних двигунів крутіння;
10. Навести методику розрахунку пружинних двигунів спірального типу;
11. Навести методику розрахунку пружинних двигунів торсійного типу;
12. Пояснити методику вибору електропривода механізму розкриття;
13. Навести методику розрахунку на міцність пружинних двигунів і редукторів механізмів розкриття БФ;
14. Надати класифікацію механізмів фіксації батарей фотоелектричних та пояснити особливості конструкції;
15. Надати методику розрахунку на міцність механізмів фіксації;
16. Надати класифікацію механізмів відділення та пояснити конструкцію;
17. Надати методику розрахунку пружинного та піротовкача БФ;
18. Надати класифікацію силових елементів БФ та пояснити їх структуру;
19. У чому полягають особливості рамних конструкцій сонячних батарей. Розглянути види несучих підкладок рамних конструкцій та конструкційні матеріали;
20. Навести методику проектувальних розрахунків силових елементів БФ. У чому полягає розрахунок маси БФ із металевою рамою. У чому полягає розрахунок маси БФ із композиційною рамою;
21. Навести методику розрахунку маси БФ на основі тришарової стільникової конструкції;
22. Навести методику розрахунку рами БФ на вигин;
23. Навести методику розрахунку на міцність з'єднання фотоелементів;
24. Навести методику розрахунку на фізичну надійність силових елементів БФ;
25. Навести класифікацію систем орієнтації БФ КА та розглянути структуру системи орієнтації БФ;
26. Пояснити роботу системи керування механізмом орієнтації БФ;
27. Розглянути приводи механізмів орієнтації БФ та їх типи;
28. Навести методику проектувальних розрахунків приводів орієнтації БФ;
29. Розглянути типи струмовідводів БФ і навести їх проектувальні розрахунки;
30. Навести типи корпусів БХ та основи компонування батареї хімічної на КА;
31. Розглянути особливості установки НКГ і НВ БХ на КА та розглянути методику розрахунку теплових режимів роботи БХ;
32. У чому полягають особливості конструкції апаратури регулювання і контролю СЕЗ;
33. Навести типи і склад корпусів АРК, а також основи електричного з'єднання агрегатів;
34. У чому полягають принципи мінімізації апаратури і силове розвантаження конструкції АРК;
35. Які принципи мінімізації апаратури і у чому полягає силове розвантаження конструкції АРК;

36. Навести особливості зборки та контролю енергетичної установки на випробувальному стенді;
37. Навести особливості зборки і контролю енергетичної установки на КА;
38. У чому полягають перспективи розвитку конструкцій сучасних СЕЗ КА.

***Контрольні питання за змістовним модулем 2***