

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

Кафедра Космічної техніки та нетрадиційних джерел енергії (№ 402)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Гарант ОП

К.В.  
(підпис)

Безручко К.В.

(ініціали та прізвище)

« 31 » 08 2021 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**Основи теорії та функціонування плазмових прискорювачів**

(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  
(найменування освітньої програми)

Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)

Харків 2021 рік

Робоча програма Основи теорії та функціонування плазмових прискорювачів

(назва дисципліни)

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

«27» 28 2021 р., – 16 с.

Розробник: Хаустова А. М., к.т.н., ст.викладач

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



(підпис)

Робочу програму розглянуто на засіданні кафедри \_\_\_\_\_

Космічної техніки та нетрадиційних джерел енергії

(назва кафедри)

Протокол № 1 від « 30 » серпня 2021 року

Завідувач кафедри к.т.н., доц.

(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 – 7	<p style="text-align: center;">Галузь знань <u>13 «Механічна інженерія»;</u> (шифр та найменування)</p> <p style="text-align: center;">Спеціальність <u>134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка»;</u> (код та найменування)</p> <p style="text-align: center;">Освітня програма <u>«Супутники, двигуни та енергетичні установки»</u> (найменування)</p> <p style="text-align: center;">Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)</p>	Цикл професійної підготовки	
Кількість модулів – 2		<b>Навчальний рік</b>	
Кількість змістових модулів – 4		2021/2022	
Індивідуальне завдання <u>Курсова робота (назва) «Основи теорії та функціонування плазмових прискорювачів»</u> (назва)		<b>Семестр</b>	
Загальна кількість годин – 210		7-й	
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 90 самостійної роботи студента – 120		<b>Лекції <sup>1)</sup></b>	
		<b>30</b>	
		<b>Практичні, семінарські<sup>1)</sup></b>	
		30	
		<b>Лабораторні <sup>1)</sup></b>	
	30		
	<b>Самостійна робота</b>		
	120		
<b>Вид контролю</b>			
іспит		дир. залік	

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить: для денної форми навчання – 90/120;

<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:** вивчення особливостей функціонування плазмових прискорювачів.

**Завдання:** вивчення принципів функціонування сучасних плазмових прискорювачів.

**Результати навчання:**

**Загальні компетентності (ЗК):**

K07. Здатність приймати обґрунтовані рішення.

K08. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

**Фахові компетентності (ФК):**

K15. Здатність проектувати та здійснювати випробування елементів ракетно-космічної техніки, її обладнання, систем та підсистем.

**Програмні результати навчання:**

PR06. Володіти навичками самостійного навчання та автономної роботи для підвищення професійної кваліфікації та вирішення проблем в новому або незнайомому середовищі.

PR10. Пояснювати вплив конструктивних параметрів елементів ракетно-космічної техніки на її льотно-технічні характеристики. Мати уявлення про методи забезпечення стійкості та керованості ракетно-космічної техніки.

PR12. Розуміти принципи механіки рідини та газу, зокрема, гідравліки, аеродинаміки (газодинаміки).

PR14. Розуміти особливості робочих процесів у гідравлічних, пневматичних, електричних та електронних системах, що застосовуються в авіаційній та ракетно-космічній техніці.

PR20. Розуміти та обґрунтовувати особливості конструкції та основні аспекти робочих процесів в системах та елементах ракетно-космічної техніки.

**Міждисциплінарні зв'язки:** дисципліна є базою для виконання дипломної роботи бакалавра.

## 3. Програма навчальної дисципліни

### Модуль 1.

**Змістовний модуль 1. Космічні системи забезпечення функціонування плазмових прискорювачів.**

**Тема 1.** Вступ до навчальної дисципліни. Предмет вивчення і задачі дисципліни.

**Тема 2.** Принципи роботи ЕРД. Механізми прискорення робочої речовини (РР) в ЕРД. Теплове прискорення робочої речовини в ЕРД. Електромагнітне прискорення робочої речовини в ЕРД.

**Тема 3.** Основні терміни курсу лекцій (тяга, питомий імпульс, тяговий ККД, споживна потужність, енергетична ціна тяги, оптимальне значення питомого імпульсу, питома маса ЕРРУ, потенціал плазми, енергетична ціна іона).

**Тема 4.** Система зберігання та подачі робочої речовини (СЗПРР). Вимоги до СЗПРР. Основні функції СЗПРР.

**Тема 5.** Зовнішні умови роботи СЗПРР. Основні функціональні частини СЗПРР. Основні вузли СЗПРР. Принципова схема СЗПРР з газоподібною РР. Основні вузли схема СЗПРР з газоподібною РР. Основні вимоги до схеми СЗПРР з газоподібною РР.

**Тема 6.** Принципова схема СЗПРР з парогенератором для рідинних РР. Основні вузли схема СЗПРР з парогенератором. Основні вимоги до схеми СЗПРР з парогенератором. Основні функції бака СЗПРР. Основні вимоги до баків СЗПРР. Типи баків СЗПРР в залежності від способу подачі РР. Схеми баків СЗПРР в залежності від способу подачі РР.

**Тема 7.** Основні функції редуктора СЗПРР. Види редукторів СЗПРР. Схеми редукторів СЗПРР. Основні вимоги до редукторів СЗПРР.

**Тема 8.** Основні функції фільтрів СЗПРР. Схема фільтру СЗПРР. Основні вимоги до фільтрів СЗПРР.

**Змістовний модуль 2. Наземні системи забезпечення функціонування плазмових прискорювачів.**

**Тема 1.** Основні функції жиклерів СЗПРР. Схеми жиклерів СЗПРР. Основні вимоги до жиклерів СЗПРР.

**Тема 2.** Основні функції термодроселю СЗПРР. Схема термодроселю СЗПРР. Основні вимоги до термодроселю СЗПРР.

**Тема 3.** Основні функції електроклапанів СЗПРР. Схема електроклапанів СЗПРР. Основні вимоги до електроклапанів СЗПРР.

**Тема 4.** Основні функції термодіафрагм СЗПРР. Схема термодіафрагм СЗПРР. Основні вимоги до термодіафрагм СЗПРР.,

**Тема 5.** Основні функції електромагнітних насосів СЗПРР. Схема електромагнітних насосів СЗПРР. Основні вимоги до електромагнітних насосів СЗПРР.

**Тема 6.** Наземні СЗПРР. Види. Основні схеми наземних СХПРР.

**Тема 7.** Принцип роботи регуляторів витрат газу (РВГ). Основні характеристики РВГ. Діапазони робочих температур РВГ.

**Модуль 2.**

**Змістовний модуль 1. Принцип функціонування найбільш перспективних типів плазмових прискорювачів.**

**Тема 1.** Штуцери РВГ. Монтування РВГ. Коефіцієнт корегування роду газу (ККРГ)

Одиниці виміру масової витрати сучасних РВГ.

**Тема 2.** Принцип дії ЕНД. Схема розрахунку ЕНД. Основні терміни (Показник адіабати, молярна маса і т.д.) Проектування сопла. Відповідні вирази для знаходження потрібних параметрів. Характеристики ЕНД.

**Тема 3.** Історія створення СПД. Параметри модельного ряду СПД.

**Тема 4.** Принцип роботи СПД. Типова схема конструкції СПД. Конструкція двигуна. Конструкційні зони.

**Тема 5.** Принцип підбору матеріалів для елементів СПД. Характеристики матеріалів, що використовуються для СПД. Поняття магнітної індукції та як її вимірюють. Напруженість магнітного поля.

**Тема 6.** Катод ЕРД. Накальні катоди. Структурна схема газорозрядного порожнистого високоемісійного катоду. Особливості схеми газорозрядного порожнистого високоемісійного катоду.

**Тема 7.** Принцип роботи катоду ЕРД. Ефект Шотки. Термоелектронна емісія.

**Тема 8.** Основні параметри ГПВК. Основні вимоги до ГПВК.

**Змістовний модуль 2. Принцип функціонування катодів плазмових прискорювачів. Фотоелектричні сонячні панелі.**

**Тема 1.** Конструкція ГПВК. Матеріали ГПВК.

**Тема 2.** Припої ПСР. Срібний припой ПСР – 10. Срібний припой ПСР – 25. Срібний припой ПСР – 45. Срібний припой ПСР – 65. Срібний припой ПСР – 70.

**Тема 3.** Способи вимірювання електричних параметрів катоду. Електрична схема підключення катоду. Проблеми з катодом та способи їх усунення.

**Тема 4.** Безканальний порожнистий катод. Конструкція безканального порожнистого катода.

**Тема 5.** Фотоелектричні панелі. Історія створення фотоелектричних панелей.

**Тема 6.** Принцип роботи фотоелектричних панелей. Існуючі різновидності фотоелектричних панелей.

**Тема 7.** Найкрупніші виробники фотоелектричних панелей.

#### 4. Структура навчальної дисципліни

Прийняті скорочення (розрахунково-графічна робота – РГР, лабораторна робота – ЛР).

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин				
	Денна форма				
	Усього	У тому числі			
л		п	лаб.	с. р.	
1	2	3	4	5	6
<b>Модуль 1</b>					
<b>Змістовий модуль 1. Космічні системи забезпечення функціонування плазмових прискорювачів.</b>					
Тема 1. Вступ до навчальної дисципліни. Предмет вивчення і задачі дисципліни.	1	1			
Тема 2. Принципи роботи ЕРД. Механізми прискорення робочої речовини (РР) в ЕРД. Теплове прискорення робочої речовини в ЕРД. Електромагнітне прискорення робочої речовини в ЕРД.	7	1			6
Тема 3. Основні терміни курсу лекцій (тяга, питомий імпульс, тяговий ККД, споживна потужність, енергетична ціна тяги, оптимальне значення питомого імпульсу, питома маса ЕРРУ, потенціал плазми, енергетична ціна іона).	11	1	2	2	6
Тема 4. Система зберігання та подачі робочої речовини (СЗПРР). Вимоги до СЗПРР. Основні функції СЗПРР.	11	1	2	2	6
Тема 5. Зовнішні умови роботи СЗПРР. Основні функціональні частини СЗПРР. Основні вузли СЗПРР. Принципова схема СЗПРР з газоподібною РР. Основні вузли схема СЗПРР з газоподібною РР. Основні вимоги до схеми СЗПРР з газоподібною РР.	11	1	2	2	6
Тема 6. Принципова схема СЗПРР з парогенератором для рідинних РР. Основні вузли схема СЗПРР з парогенератором. Основні вимоги до схеми СЗПРР з парогенератором. Основні функції бака СЗПРР. Основні вимоги до баків СЗПРР. Типи баків СЗПРР в залежності від способу подачі РР. Схеми баків СЗПРР в залежності від способу подачі РР.	9	1		2	6
Тема 7. Основні функції редуктора СЗПРР. Види редукторів СЗПРР. Схеми редукторів СЗПРР. Основні вимоги до редукторів СЗПРР.	1	1			
Тема 8. Основні функції фільтрів СЗПРР. Схема фільтру СЗПРР. Основні вимоги до фільтрів СЗПРР.	1	1			

<b>Разом за змістовим модулем 1</b>	52	8	6	8	30
<b>Модуль 1</b>					
<b>Змістовий модуль 2. Наземні системи забезпечення функціонування плазмових прискорювачів.</b>					
Тема 1. Основні функції жиклерів СЗПРР. Схеми жиклерів СЗПРР. Основні вимоги до жиклерів СЗПРР.	9	1	2		6
Тема 2. Основні функції термодроселю СЗПРР. Схема термодроселю СЗПРР. Основні вимоги до термодроселю СЗПРР.	11	1	2	2	6
Тема 3. Основні функції електроклапанів СЗПРР. Схема електроклапанів СЗПРР. Основні вимоги до електроклапанів СЗПРР.	9	1		2	6
Тема 4. Основні функції термоклапанів СЗПРР. Схема термоклапанів СЗПРР. Основні вимоги до термоклапанів СЗПРР.	9	1		2	6
Тема 5. Основні функції електромагнітних насосів СЗПРР. Схема електромагнітних насосів СЗПРР. Основні вимоги до електромагнітних насосів СЗПРР.	9	1		2	6
Тема 6. Наземні СЗПРР. Види. Основні схеми наземних СХПРР.	3	1	2		
Тема 7. Принцип роботи регуляторів витрат газу (РВГ). Основні характеристики РВГ. Діапазони робочих температур РВГ.	3	1	2		
<b>Разом за змістовим модулем 2</b>	53	7	8	8	30
<b>Усього годин</b>	105	15	14	16	60
<b>Модуль 2</b>					
<b>Змістовий модуль 1. Принцип функціонування найбільш перспективних типів плазмових прискорювачів.</b>					
Тема 1. Штуцери РВГ. Монтування РВГ. Коефіцієнт корегування роду газу (ККРГ) Одиниці виміру масової витрати сучасних РВГ.	9	1	2		6
Тема 2. Принцип дії ЕНД. Схема розрахунку ЕНД. Основні терміни (Показник адіабати, молярна маса і т.д.) Проектування сопла. Відповідні вирази для знаходження потрібних параметрів. Характеристики ЕНД.	11	1	2	2	6
Тема 3. Історія створення СПД. Параметри модельного ряду СПД.	9	1		2	6
Тема 4. Принцип роботи СПД. Типова схема конструкції СПД. Конструкція двигуна. Конструкційні зони.	11	1	2	2	6
Тема 5. Принцип підбору матеріалів для елементів СПД. Характеристики матеріалів, що використовуються для СПД. Поняття магнітної індукції та як її вимірюють. Напруженість магнітного поля.	11	1	2	2	6



Тема 6. Катод ЕРД. Накальні катоди. Структурна схема газорозрядного порожнистого високоемісійного катоду. Особливості схеми газорозрядного порожнистого високоемісійного катоду.	3	1	2		
Тема 7. Принцип роботи катоду ЕРД. Ефект Шотки. Термоелектронна емісія.	1	1			
Тема 8. Основні параметри ГПВК. Основні вимоги до ГПВК.	1	1			
<b>Разом за змістовим модулем 1</b>	<b>56</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	<b>8</b>	<b>30</b>
<b>Модуль 2</b>					
<b>Змістовний модуль 2. Принцип функціонування катодів плазмових прискорювачів. Фотоелектричні сонячні панелі.</b>					
Тема 1. Конструкція ГПВК. Матеріали ГПВК.	1	1			
Тема 2. Припої ПСР. Срібний припой ПСР – 10. Срібний припой ПСР – 25. Срібний припой ПСР – 45. Срібний припой ПСР – 65. Срібний припой ПСР – 70.	9	1		2	6
Тема 3. Способи вимірювання електричних параметрів катоду. Електрична схема підключення катоду. Проблеми з катодом та способи їх усунення.	11	1	2	2	6
Тема 4. Безканальний порожнистий катод. Конструкція безканального порожнистого катода.	11	1	2	2	6
Тема 5. Фотоелектричні панелі. Історія створення фотоелектричних панелей.	7	1			6
Тема 6. Принцип роботи фотоелектричних панелей. Існуючі різновидності фотоелектричних панелей.	9	1	2		6
Тема 7. Найкрупніші виробники фотоелектричних панелей.	1	1			
<b>Разом за змістовим модулем 2</b>	<b>49</b>	<b>7</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>30</b>
<b>Усього годин</b>	<b>105</b>	<b>14</b>	<b>16</b>	<b>14</b>	<b>60</b>
<b>Усього годин</b>	<b>210</b>	<b>30</b>	<b>16</b>	<b>30</b>	<b>120</b>

### 5. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		Денна форма навчання	Заочна форма навчання
1			
2			
	<b>Разом</b>		

### 6. Теми практичних занять

№	Назва теми	Кількість годин
---	------------	-----------------

з/п		Денна форма навчання
1	Розрахунок інтегральних параметрів двигунів (тяги, питомого імпульсу і т. д.).	2
2	Екскурсія до лабораторії ЕРД.	2
3	Проектування двокомпонентної СЗПРР космічного призначення.	2
4	Розрахунок основних параметрів термодроселів.	2
5	Розрахунок основних параметрів жиклерів.	2
6	Проектування однокомпонентної СЗПРР наземного призначення на різні витрати РР.	2
7	Вибір РВГ для певних РР на різні витрати РР.	2
8	Перерахунок одиниць виміру масової витрати сучасних РВГ.	2
9	Розрахунок основних параметрів ЕНД.	2
10	Розрахунок основних параметрів СПД.	2
11	Розроблення електричної схеми підключення СПД.	2
12	Розроблення схеми підключення СПД до СЗПРР.	2
13	Розрахунок основних параметрів катоду ЕРД.	2
14	Розроблення електричної схеми підключення катоду ЕРД до СЕЖ. Розроблення схеми підключення катоду ЕРД до СЗПРР.	2
15	Розрахунок основних параметрів ФЕП для ЕРД різних потужностей.	2
	<b>Разом</b>	30

## 7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
		Денна форма навчання
1	Геліконовий двигун	2
2	Плазмово-іонний двигун	2
3	Електронагрівний двигун	2
4	Двигун з анодним шаром	2
5	Стаціонарний плазмовий двигун	2
6	Імпульсний плазмовий двигун	2
7	Коаксіальний холівський двигун	2
8	Магнітоплазמודинамічний двигун	2
9	Сонячні панелі	2
10	Система зберігання та подачі робочої речовини	2
11	Торцевий холівський двигун	2
12	Нагрівний катод	2
13	Електродуговий двигун	2
14	Абляційний імпульсний плазмовий двигун	2
15	Безнакальний полий катод	2
	<b>Разом</b>	<b>30</b>

## 8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
		Денна форма навчання
1	Field-emission electric propulsion	6
2	Vacuum arc thrusters	6
3	Chemical micro propulsion	6
4	Cold gas thruster	6
5	Radiofrequency Plasma thruster	6
6	CubeSat Ambipolar thruster	6
7	Electrodeless plasma thruster	6
8	Micro-pulsed plasma thruster	6
9	Liquid Propellant Pulsed Plasma thruster	6
10	Hall thruster	6
11	Iodine Propellant Space Propulsion	6
12	Highly Efficient Multistage Plasma	6
13	Thermal-Inductive Heated thruster	6
14	Atmosphere-Breathing Electric Propulsion	6
15	Порівняння конструкцій СПД з різним	6

	числом котушок магнітної системи двигуна	
16	Порівняння різних РР для ЕРД. Яке РР є найбільш ефективним с точки зору ККД двигуна.	6
17	СПД потужності 100 кВт. Принцип функціонування. Електрична схема підключення.	6
18	Порівняння двигунів на маленькі супутники типа CubeSat.	6
19	Закон Пашена.	6
20	Принципи роботи безелектродних двигунів	6
	<b>Разом</b>	<b>120</b>

### 9. Методи навчання

Проведення аудиторних лекцій, практичних занять, індивідуальні консультації (при необхідності), самостійна робота студентів за матеріалами, опублікованими кафедрою (методичні посібники).

### 10. Методи контролю

Проведення поточного контролю, письмового модульного контролю, фінальний контроль у вигляді іспитів.

### 11. Розподіл балів, які отримують студенти

11.1. Розподіл балів, які отримують студенти (кількісні критерії оцінювання)

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
<b>Змістовний модуль 1</b>			
Виконання і захист практичних робіт	1...3	8	8...24
Модульний контроль	10...20	1	10...20
<b>Змістовний модуль 2</b>			
Виконання і захист практичних робіт	1...3	8	8...24
Модульний контроль	10...20	1	10...20
Виконання і захист РГР (РР для іноземних студентів)	24...40	1	24...40
<b>Усього за семестр</b>			<b>60...100</b>

Семестровий контроль (іспит) проводиться у разі відмови студента від балів поточного тестування й за наявності допуску до іспиту/заліку. Під час складання семестрового іспиту студент має можливість отримати максимум 100 балів.

Білет для іспиту складається з двох теоретичних питань та практичного завдання питань. Максимальна кількість балів за відповідь на кожне теоретичне питання – 30 балів, за виконання практичного завдання – 40 балів.

## 12.2. Якісні критерії оцінювання

Необхідний обсяг знань для ознайомлення з вимогами до ЕРРУ різних країн. Способи дослідження характеристик ЕРРУ. Устрій основних вузлів, агрегатів і систем ЕРД і ЕУ; методи розрахунку і конструювання основних агрегатів, вузлів і систем електрорушійних установок; методи захисту агрегатів, вузлів і систем від зовнішніх і внутрішніх впливів; методи контролю механічних з'єднань; методи розрахунків на міцність і жорсткість різноманітних деталей і вузлів ЕРД і ЕУ; методи конструювання і розрахунків ЕРД і ЕУ з урахуванням технологічних і експлуатаційних вимог..

## 12.3 Критерії оцінювання роботи студента протягом семестру

**Задовільно (60-74).** Мати мінімум знань та умінь. Відпрацювати та захистити всі практичні роботи та РГР. Виказати розуміння базових положень методики виконання розрахунків.

**Добре (75 - 89).** Засвоїти мінімум знань та умінь, виконати усі завдання, захищати всі практичні роботи та РГР в обумовлений викладачем строк з обґрунтуванням прийнятих рішень. Виказати розуміння більшості всіх положень методики виконання розрахунків.

**Відмінно (90 - 100).** Повно знати основний та додатковий матеріал. Знати усі теми. Орієнтуватися у підручниках та посібниках. Виконати усі завдання, захищати всі практичні роботи та РГР в обумовлений викладачем строк з обґрунтуванням прийнятих рішень. Виказати якісне розуміння всіх положень методики виконання розрахунків.

Розподіл балів, які отримують студенти за виконання курсового проекту

Пояснювальна записка	Ілюстративна частина	Захист роботи	Сума
до _30__	до _40__	до _30_	100

## Шкала оцінювання: бальна і традиційна

Сума балів	Оцінка за традиційною шкалою	
	Іспит, диференційований залік	Залік
90 – 100	Відмінно	Зараховано
75 – 89	Добре	
60 – 74	Задовільно	
0 – 59	Незадовільно	Не зараховано

## 12. Методичне забезпечення

1. Белан Н.В., Гайдуков В.Ф. «Плазменные ускорители и их системы подачи», ХАИ, 1979г., К-20.
2. Гайдуков В.Ф. «Объем и содержание дипломного проекта ЕРРУ», 1989, К-25.
3. Белан Н.В., Гайдуков В.Ф. «Особенности поведения материалов в условиях низких температур, невесомости и вакуума», ХАИ, 1984 г., Б-50, К-2.
4. Гайдуков В.Ф. «Выбор и расчет термоэлектрических преобразований энергии», ХАИ, 1993, Б-40, К-25.
5. Белан Н.В., Гайдуков В.Ф. «Влияние радиационного облучения на свойства материалов», ХАИ, 1983, Б-50, К-20.
6. Гайдуков В.Ф. «Выбор и расчет термоэмиссионных преобразований энергии» ХАИ, 1980г., Б-40, К-25.
7. Гайдуков В.Ф., Ковалевский В.В. «Выбор параметров и расчет электронагревного ракетного двигателя» ХАИ, 1988, Б-40, К-25.
8. «Конструкция электрореактивных двигательных установок. Атлас конструкций», 1985г., ч. 1, 2, 3. К-5.

## 14. Рекомендована література

### Базова

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.
4. Безручко К.В., Белан Н.В. и др. «Солнечные энергосистемы космических аппаратов. Физическое и математическое моделирование», Харьков, ХАИ, 2000, 515 с., Б-200.

### Допоміжна

5. А.И. Анурьев «Справ очник конструктора – машиностроителя», М. Машиностроение, 1978, Б-150.

6. Раушенбах «Справочник по проектированию солнечных батарей», М.Энерготехиздат, 1983, 360 с., Б-1.
7. Бабаков И.М. «Теория колебаний» М. Машиностроение, 1979 г., 450 с., Б-12.
8. Колтунов Н.В. «Основы расчета упругих оболочек» М. Высшая школа, 1972 г., Б-15.

### **15. Інформаційні ресурси**

1. Сайт ДП «КБ Південне» [Електрон. ресурс] / – Режим доступа: <https://www.yuzhnoye.com/ua/home/>
2. Сайт Державне космічне агентство України [Електрон. ресурс] / – Режим доступа: <http://www.nkau.gov.ua/ua/>
3. Сайт АО «ИНФОРМАЦИОННЫЕ СПУТНИКОВЫЕ СИСТЕМЫ» имени академика М.Ф. Решетнёва» [Електрон. ресурс] / – Режим доступа: <https://www.iss-reshetnev.ru/>