

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**

**Конструювання плазмових прискорювачів та енергоустановок**

(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 Конструювання плазмових прискорювачів та енергоустановок

(назва дисципліни)

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

«17» 08 2021 р., – 14 с.

Розробник: Хаустова А. М., к.т.н., старший 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 – 8,5	<p>Галузь знань: <u>13 «Механічна інженерія»;</u> (шифр і найменування)</p> <p>Спеціальність: <u>134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка»;</u> (код та найменування)</p> <p>Освітня програма: <u>«Супутники, двигуни та енергетичні установки»;</u> (найменування)</p> <p>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>Курсовий проект «Конструкція та прочностні розрахунки ПП та ЕУ»</u>		<b>Семестр</b>	
		7-й	8-й
Загальна кількість годин – 255		<b>Лекції<sup>1)</sup></b>	
		60 годин	-
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 104 самостійної роботи студента – 151		<b>Практичні, семінарські<sup>1)</sup></b>	
		30 годин	14 годин
		<b>Лабораторні<sup>1)</sup></b>	
	-	-	
	<b>Самостійна робота</b>		
	75 годин	76 годин	
<b>Вид контролю</b>			
	іспит	дир. залік	

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить: для денної форми навчання – 104/ 151;

<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 методів та особливостей проектування деталей та вузлів ЕРРУ.

**Завдання:** вивчення сучасних способів проектування елементів та вузлів енергетичних та рушійних установок космічного призначення з урахуванням зовнішніх та внутрішніх факторів, часу експлуатації, обмежень ваги та інше.

**Результати навчання:**

**Загальні компетентності (ЗК):**

К07. Здатність приймати обґрунтовані рішення.

К08. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

**Фахові компетентності (ФК):**

К13. Здатність призначати оптимальні матеріали для елементів конструкції авіаційної та ракетно-космічної техніки.

К14. Здатність здійснювати розрахунки елементів ракетно-космічної техніки на міцність.

К15. Здатність проектувати та здійснювати випробування елементів ракетно-космічної техніки, її обладнання, систем та підсистем.

**Програмні результати навчання:**

ПР09. Дотримуватися вимог галузевих нормативних документів щодо процедур проектування, виробництва, випробування та (або) сертифікації елементів та об'єктів авіаційної та ракетно-космічної техніки на всіх етапах їх життєвого циклу.

ПР10. Пояснювати вплив конструктивних параметрів елементів ракетно-космічної техніки на її льотно-технічні характеристики. Мати уявлення про методи забезпечення стійкості та керованості ракетно-космічної техніки.

ПР11. Володіти навичками визначення навантажень на конструктивні елементи ракетно-космічної техніки на усіх етапах її життєвого циклу.

ПР13. Описувати будову металів та неметалів та знати методи модифікації їх властивостей. Призначати оптимальні матеріали для елементів та систем ракетно-космічної техніки з урахуванням їх структури, фізичних, механічних, хімічних та експлуатаційних властивостей, а також економічних факторів.

ПР15. Описувати експериментальні методи дослідження структурних, фізико-механічних і технологічних властивостей матеріалів та конструкцій.

ПР16. Застосовувати у професійній діяльності сучасні методи проектування, конструювання та виробництва елементів та систем ракетно-космічної техніки.

ПР17. Обчислювати напружено-деформований стан, визначати несійну здатність конструктивних елементів та надійність систем ракетно-космічної техніки.

ПР18. Розуміти та обґрунтовувати послідовність проектування, виробництва, випробування та (або) сертифікації елементів та систем ракетно-космічної техніки.

ПР20. 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. Вимоги до основних частин ЕЕРУ ПП та ЕУ.**

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

**Тема 2.** Задачі, які виконують космічні апарати (КА). Поняття електроракетної рушійної установки (ЕРРУ). Склад ЕРРУ. Принципові схеми ЕРРУ, загальні відомості і характеристики. Призначення і склад окремих систем ЕРРУ. Особливості експлуатації ЕРРУ. Вплив факторів космічного простору на ЕРРУ.

**Тема 3.** Ознайомлення та з вимогами до ЕРРУ. Вимоги до ЕРРУ: властива маса, економічність, надійність і довговічність, радіаційна безпека. Поняття електроракетного двигуна (ЕРД). Історія розвитку ЕРД. Основні області завдань, що вирішуються за допомогою ЕРД. Класифікація ЕРД. Підсистеми ЕРРУ на базі ЕРД. Порівняння характеристик різних ЕРД.

**Тема 4.** Електрорективний двигун (ЕРД). Класифікація ЕРД. Вимоги до ЕРД. Стадії проектування ЕРД. Етапи розрахунку деталей ЕРРУ на міцність. Основна термінологія курсу міцності (поняття міцності, напруження, деформація, подовження).

**Тема 5.** Етапи розрахунку деталей ЕРРУ на міцність. Навантаження, що діють на елементи конструкції ЕРРУ. Види випробувань ЕРРУ. Стандарти.

##### **Змістовний модуль 2. Розрахунок міцності деталей ПП та ЕУ.**

**Тема 1.** Матеріали, які використовуються в ЕРРУ. Вимоги до матеріалів, з'єднань та припаїв ЕРРУ. Поняття запас міцності, діаграма деформування матеріалу, межа пружності, межа тікучості.

**Тема 2.** Запас міцності короткоресурсних деталей. Запас міцності деталей, які працюють довгостроково. Поняття пластичності, повзучості.

**Тема 3.** Розрахунок деталей ЕРРУ на повзучість. Основні співвідношення при розрахунку поведінки пружно-пластичного тіла ЕРРУ. Діаграма швидкості повзучості.

**Тема 4.** Діаграма меж тривалої міцності. Запас тривалої міцності. Діаграма меж повзучості. Запас повзучості деталі ЕРРУ. Інтерполяція діаграм тривалої міцності. Розрахунок деформації повзучості деталі ЕРРУ. Одновісний напружений стан. Складно-напружений стан.

#### **Модуль 2.**

**Змістовний модуль 1. Розрахунок міцності деталей ПП та ЕУ працюючих при нестационарних режимах навантаження.**

**Тема 1.** Релаксація напруг деталей ЕРРУ.

**Тема 2.** Довгостроковість деталей, працюючих при нестационарних режимах. Поняття пошкоджуваності. Метод сумування пошкоджуваностей. Спосіб тимчасової оцінки пошкоджуваності. Оцінка довговічності деталей ЕРРУ по методу лінійного підсумовування пошкоджуваності при ступеневій зміні напруженостей деталей.

**Тема 3.** Циклічна зміна напруженостей деталей ЕРРУ. Температурні напруженості деталей ЕРРУ. Загальний спосіб визначення температурних напружень деталей ЕРРУ.

**Тема 4.** Рівняння рівноваги сил пружності диску при нерівномірному нагріванні.

**Змістовний модуль 2. Розрахунок міцності оболонок СЗПРР ЕРРУ.**

**Тема 1.** Інтегрування за формулою трапецій. Похибка вимірювання. Розрахунок похибки вимірювання напружень та деформацій.

**Тема 2.** Розрахунок міцності товстостінної циліндричної конструкції. Визначення температурних напружень пластинчастих деталей.

**Тема 3.** Розрахунок оболонок СЗПРР ЕРРУ. Рівняння рівноваги сил пружності осесиметричної оболонки. Несуча спосібність одношарові сферичної оболонки СЗПРР ЕРРУ. Несуча спосібність одношарові циліндричної оболонки СЗПРР ЕРРУ. Торцеві днища циліндричної оболонки.

**Тема 4.** Розрахунок міцності еліптичного днища бака СЗПРР ЕРРУ. Мембранні напруження в конічній оболонці. Розрахунок торообразної оболонки. Розрахунок двошарової циліндричної оболонки СЗПРР ЕРРУ.

#### 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. Вимоги до основних частин ЕЕРУ ІІІ та ЕУ</b>					
Тема 1. Вступ до навчальної дисципліни. Предмет вивчення і задачі дисципліни.	3	3	-	-	
Тема 2. Задачі, які виконують космічні апарати (КА). Поняття електроракетної рушійної установки (ЕРРУ). Склад ЕРРУ. Принципові схеми ЕРРУ, загальні відомості і	10	3	1	-	6

характеристики. Призначення і склад окремих систем ЕРРУ. Особливості експлуатації ЕРРУ. Вплив факторів космічного простору на ЕРРУ.					
Тема 3. Ознайомлення та з вимогами до ЕРРУ. Вимоги до ЕРРУ: властива маса, економічність, надійність і довговічність, радіаційна безпека. Поняття електроракетного двигуна (ЕРД). Історія розвитку ЕРД. Основні області завдань, що вирішуються за допомогою ЕРД. Класифікація ЕРД. Підсистеми ЕРРУ на базі ЕРД. Порівняння характеристик різних ЕРД.	11	3	2	-	6
Тема 4. Електрореактивний двигун (ЕРД). Класифікація ЕРД. Вимоги до ЕРД. Стадії проектування ЕРД. Етапи розрахунку деталей ЕРРУ на міцність. Основна термінологія курсу міцності (поняття міцності, напруження, деформація, подовження).	11	3	2	-	6
Тема 5. Етапи розрахунку деталей ЕРРУ на міцність. Навантаження, що діють на елементи конструкції ЕРРУ. Види випробувань ЕРРУ. Стандарти.	12	3	2	-	7
<b>Разом за змістовим модулем 1</b>	<b>47</b>	<b>15</b>	<b>7</b>	<b>-</b>	<b>25</b>
<b>Модуль 1</b>					
<b>Змістовий модуль 2. Розрахунок міцності деталей ІІІ та ЕУ</b>					
Тема 1. Матеріали, які використовуються в ЕРРУ. Вимоги до матеріалів, з'єднань та припаїв ЕРРУ. Поняття запас міцності, діаграма деформування матеріалу, межа пружності, межа тікучості.	12	3	2	-	7
Тема 2. Запас міцності короткоресурсних деталей. Запас міцності деталей, які працюють довгостроково. Поняття пластичності, повзучості.	13	4	2	-	7
Тема 3. Розрахунок деталей ЕРРУ на повзучість. Основні співвідношення при розрахунку поведінки пружно-пластичного тіла ЕРРУ. Діаграма швидкості повзучості.	13	4	2	-	7
Тема 4. Діаграма меж тривалої міцності. Запас тривалої міцності. Діаграма меж повзучості. Запас повзучості деталі ЕРРУ. Інтерполяція діаграм тривалої міцності. Розрахунок деформації повзучості деталі ЕРРУ. Одновісний напружений стан. Складно-напружений стан.	13	4	2	-	7
<b>Разом за змістовим модулем 2</b>	<b>51</b>	<b>15</b>	<b>8</b>	<b>-</b>	<b>28</b>
<b>Усього годин</b>	<b>98</b>	<b>30</b>	<b>15</b>	<b>-</b>	<b>53</b>
<b>Модуль 2</b>					
<b>Змістовний модуль 1. Розрахунок міцності деталей ІІІ та ЕУ працюючих при нестационарних режимах навантаження</b>					

Тема 1. Релаксація напруг деталей ЕРРУ.	9	3	1	-	5
Тема 2. Довгостроковість деталей, працюючих при нестационарних режимах. Поняття пошкоджуваності. Метод сумування пошкоджуваностей. Спосіб тимчасової оцінки пошкоджуваності. Оцінка довговічності деталей ЕРРУ по методу лінійного підсумовування пошкоджуваності при ступеневій зміні напруженостей деталей.	11	4	2	-	5
Тема 3. Циклічна зміна напруженостей деталей ЕРРУ. Температурні напруженості деталей ЕРРУ. Загальний спосіб визначення температурних напружень деталей ЕРРУ.	11	4	2	-	5
Тема 4. Рівняння рівноваги сил пружності диску при нерівномірному нагріванні.	11	4	2	-	5
<b>Разом за змістовим модулем 1</b>	<b>42</b>	<b>15</b>	<b>7</b>	<b>-</b>	<b>20</b>
<b>Модуль 2</b>					
<b>Змістовний модуль 2. Розрахунок міцності оболонок СЗПРР ЕРРУ</b>					
Тема 1. Інтегрування за формулою трапецій. Похибка вимірювання. Розрахунок похибки вимірювання напружень та деформацій.	12	3	2	-	7
Тема 2. Розрахунок міцності товстостінної циліндричної конструкції. Визначення температурних напружень пластинчастих деталей.	13	4	2	-	7
Тема 3. Розрахунок оболонок СЗПРР ЕРРУ. Рівняння рівноваги сил пружності осесиметричної оболонки. Несуча спроможність одношарові сферичної оболонки СЗПРР ЕРРУ. Несуча спроможність одношарові циліндричної оболонки СЗПРР ЕРРУ. Торцеві днища циліндричної оболонки.	13	4	2	-	7
Тема 4. Розрахунок міцності еліптичного днища бака СЗПРР ЕРРУ. Мембранні напруження в конічній оболонці. Розрахунок торообразної оболонки. Розрахунок двошарової циліндричної оболонки СЗПРР ЕРРУ.	13	4	2	-	7
<b>Разом за змістовим модулем 2</b>	<b>51</b>	<b>15</b>	<b>8</b>	<b>-</b>	<b>28</b>
<b>Усього годин</b>	<b>93</b>	<b>30</b>	<b>15</b>	<b>-</b>	<b>48</b>
Робота над РР	30	-	-	-	30
Консультації за темами курсових проектів	34	-	14	-	20
<b>Усього годин за два семестри</b>	<b>255</b>	<b>60</b>	<b>44</b>	<b>-</b>	<b>151</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

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
		Денна форма навчання
1	Ознайомлення з основними вузлами ЕРРУ супутника SMART-1.	1
2	Ознайомлення з різними видами ЕРД.	1
3	Побудова графічних моделей різних деталей ЕРД.	2
4	Ознайомлення з вібраційним стендом для проведення випробувань ЕРРУ.	2
5	Розрахунок запаса міцності деталей ЕРРУ.	2
6	Розрахунок деталей ЕРРУ на повзучість.	2
7	Розрахунок деформації повзучості деталі ЕРРУ.	2
8	Розрахунок запаса міцності деталей ЕРРУ одновісного напруженого стану.	2
9	Розрахунок довговічності деталей ЕРРУ по методу лінійного підсумовування пошкоджуваності при постійній напруженості деталей.	2
10	Розрахунок довговічності деталей ЕРРУ по методу лінійного підсумовування пошкоджуваності при ступеневій зміні напруженостей деталей.	2
11	Розрахунок запаса міцності деталей працюючих при рівномірному нагріванні.	2
12	Розрахунок запаса міцності диску при нерівномірному нагріванні.	2
13	Інтегрування за формулою трапецій.	2
14	Розрахунок міцності товстостінної циліндричної конструкції.	2
15	Розрахунок Несучої спосібності одношарові сферичної оболонки СЗПРР	2

	ЕРРУ	
16	Розрахунок міцності еліптичного днища бака СЗПРР ЕРРУ.	2
17	Консультації за темами курсового проекту.	14
	<b>Разом</b>	<b>44</b>

### 7. Теми лабораторних занять

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

### 8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
		Денна форма навчання
1	Вплив факторів космічного простору на ЕРРУ.	6
2	Порівняння характеристик різних ЕРД.	6
3	Поняття міцності, напруження, деформація, подовження.	6
4	Стандарти виконання ЕРРУ.	7
5	Поняття запасу міцності, діаграма деформування матеріалу, межа пружності, межа тікучості.	7
6	Поняття пластичності, повзучості.	7
7	Діаграма швидкості повзучості.	7
8	Складно-напружений стан деталей ЕРРУ.	7
9	Поняття релаксації напружень.	5
10	Оцінка довговічності деталей ЕРРУ по методу лінійного підсумовування пошкоджуваності при ступеневій зміні напруженостей деталей.	5
11	Загальний спосіб визначення температурних напружень деталей ЕРРУ.	5
12	Рівняння рівноваги внутрішніх та зовнішніх сил при розрахунку деталей на	5

	міцність.	
13	Розрахунок похибки вимірювання напружень та деформацій.	7
14	Визначення температурних напружень пластинчастих деталей.	7
15	Торцеві днища циліндричної оболонки.	7
16	Розрахунок двошарової циліндричної оболонки СЗППР ЕРРУ.	7
17	Робота над РР	30
18	Робота над курсовим проектом	20
	<b>Разом</b>	<b>151</b>

### 9. Індивідуальні завдання

Індивідуальним завданням для кожного студента є робота над курсовим проектом з розрахунку конструкції електрорушійної установки на міцність від діючих навантажень.

### 10. Методи навчання

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

### 11. Методи контролю

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

### 12. Розподіл балів, які отримують студенти

12.1. 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	24...40	1	24...40

іноземних студентів)		
<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

### 13. 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 «Справочник 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. «Теорія коливаний» 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/>