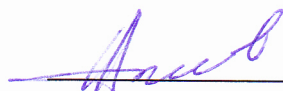


Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського
“Харківський авіаційний інститут”

Кафедра міцності літальних апаратів (№ 102)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Керівник проектної групи

 д.т.н., с.н.с, Бичков І.В.

« 31 » 08 2020 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА ОBOB'ЯЗKОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Міцність літальних апаратів Strength analysis of aircraft

(назва навчальної дисципліни)

(назва навчальної дисципліни на мові викладання)

Галузь знань:

13 «Механічна інженерія»

(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальність:

134 «Авіаційна та ракетно – космічна техніка»

(код та найменування спеціальності)

Освітні програми:

«Технологія виробництва і ремонту літальних апаратів»

(найменування освітньої програми)

Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)

Харків 2020 рік

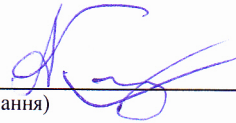
Програма нормативної навчальної дисципліни Strength Analysis of Aircraft
(Міцність літаків та вертольотів)

для студентів за спеціальністю 134 «Авіаційна та ракетно – космічна техніка»
за освітньою програмою «Технологія виробництва і ремонту літальних апаратів»

26 серпня 2020 р., 17 с.

Розробник: Кирпикін А. О., доцент, доцент, к.т.н.

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



Програму розглянуто на засіданні кафедри міцності літальних апаратів (№102)

Протокол №1 від 31.08.2020 р.

Завідувач кафедри міцності літальних апаратів, д-р техн. наук, професор



(підпис)

П. О. Фомичов

(ініціали та прізвище)

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни
		денна форма навчання
Кількість кредитів: 8	<p>Галузь знань: 13 «Механічна інженерія»</p> <p>Спеціальність: 134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка»</p>	Нормативна
Модулів – 2		Навчальний рік: 2020 / 2021
Змістових модулів – 2		Семестри
Індивідуальні науково-дослідні завдання РГР «Розрахунок навантажень на крило літака», «Проектувальний розрахунок перерізу крила»		
Загальна кількість годин – 240		7-й, 6-й
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 4. самостійної роботи студента – 5	<p>Освітні програми: <u>«Технологія виробництва і ремонту літальних апаратів»</u> Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)</p>	Лекції
		24 год., 16 год.
		Практичні, семінарські
		16 год., 16 год.
		Лабораторні
		16 год., 16 год.
		Самостійна робота
79 год., 57 год.		
Вид контролю:	екзамен, модульний контроль	

Примітка. Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить: для денної форми навчання – 104/ 136.

1. Description of educational discipline

Name of characteristic	Field of knowledge, direction of training, academic degree	Description of educational discipline
		Full-time tuition
Number of credits: 8	Field of knowledge: 13 «Mechanical engineering» Speciality: 134 «Aviation, rocket and space engineering»	Normative
Modules – 2		Year of education:
Parts – 2		2020 / 2021
Individual research task "Application of finite element modeling to strength analysis of airplanes and helicopters "		Semester
Total number of hours – 240		7, 6
		Lectures
Weekly hours for full-time tuition auditorium – 4. independent work of student – 5.	Education program: «Aircraft production technology» Academic degree: bachelor	24 hrs., 16 hrs.
		Practical, seminar
		16 hrs., 16 hrs.
		Laboratory
		16 hrs., 16 hrs.
		Independent work
		79 hrs., 56 hrs.
Final assessment:		
	exam, modular control	

Note. The ratio between classroom studies hours to independent work hours is: for the full-time study -104/ 136.

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета вивчення:

мета курсу є підготовка спеціалістів до вирішення інженерних задач по забезпеченню необхідного рівня льотної придатності, міцності та довговічності, що виникають на стадіях проектування, виробництва та експлуатації повітряних суден.

Завдання:

основними завданнями курсу полягають у вивченні студентами вимог Норм льотної придатності, методів визначення узгодженості регламентованим вимогам, методів розрахунків навантажень у польоті та приприземленні, особливостей розрахунків напружено-деформованого стану авіа конструкцій різних силових схем при експлуатаційних та розрахункових навантаженнях, критеріїв міцності і довговічності.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти повинні досягти таких компетентностей:

Загальні компетентності:

Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності, Здатність приймати обґрунтовані рішення, Практичне користування іноземної мови в соціально-побутовій і професійній сферах спілкування.

Фахові компетентності спеціальності:

Здатність проводити розрахунки елементів авіаційної та ракетно-космічної техніки на міцність; Здатність призначати матеріали для елементів

Aim of training:

the aim of training is to give knowledge and skills necessary to solve strength, service life, survivability and airworthiness engineering problems which arise at airplane and helicopter design, manufacture and service.

Principal learning outcomes:

are learning Airworthiness Standards, study of methods required by applicable requirements of the regulated, methods for calculating the load in flight and on landing, study the features of the stress-strain state of aircraft structures of various analytical models in limit and ultimate loadings, the criteria of strength and durability.

According to the requirements of the educational-professional program, students must achieve such competencies:

General competencies:

Knowledge and understanding of the subject area and understanding of professional activity. Ability to abstract thinking, analysis and synthesis. Practical use of a foreign language in social and professional spheres of communication.

Professional competencies of specialty:

The use of mathematical apparatus when calculating the strength of aircraft. The ability to set and solve problems of calculations for the strength of aircraft. Ability to assess the load on the structural

конструкції авіаційної та ракетно-космічної техніки; Здатність проектувати та проводити випробування елементів авіаційної та ракетно-космічної техніки, її обладнання, систем та підсистем.

Програмні результати навчання:

Володіти навичками визначення навантажень на конструктивні елементи авіаційної та ракетно-космічної техніки на усіх етапах її життєвого циклу; Обчислювати напружено-деформований стан, визначати несійну здатність конструктивних елементів та надійність систем авіаційної та ракетно-космічної техніки; Описувати експериментальні методи дослідження структурних, фізико-механічних і технологічних властивостей матеріалів та конструкцій.

Міждисциплінарні зв'язки:

Навчання з дисципліни « Міцність літальних апаратів» базується на знанні фізики, теоретичної механіки, матеріалознавства, математики, механіки матеріалів, аеродинаміки, механіки конструкцій, конструкції літальних апаратів та технології їх виготовлення.

Знання дисципліни « Міцність літальних апаратів» використовується при вивченні проектування літальних апаратів та технології їх виробництва.

elements based on the conditions of their operation.

Program learning outcomes:

Knowledge of modern information and communication technologies volume sufficient for education and professional activity. Standardization of the load on the aircraft using the technical task, layout, technical and reference literature, computers in accordance with standard calculation methods. Calculate the stress-strain state, determine the bearing capacity of structural elements of aviation and rocket and space technology.

Development of design documentation, sections of explanatory documents

Interdisciplinary links:

Training in the discipline "Aircraft Strength" is based on knowledge of physics, theoretical mechanics, materials science, mathematics, materials mechanics, aerodynamics, structural mechanics, aircraft design and manufacturing technology.

Knowledge of the discipline "Strength of aircraft" is used in the study of aircraft design and production technology.

3. Програма навчальної дисципліни

Модуль 1.

Змістовний модуль 1.

Перевантаження літаків та вертолітів.

Тема 1. Завдання забезпечення міцності.

Місце міцності у процесі створення та експлуатації літаків та вертолітів.

Тема 2. Характеристика АП.

Історія створення АП. Склад АП. Вимоги до міцності літаків та вертолітів.

Тема 3. Перевантаження літака у польоті.

Перевантаження у маневрах. Навантаження літака у польоті від поривів.

Змістовний модуль 2.

Розрахунок навантажень на крило

Тема 1. Критерії міцності
Критерії при стисканні та розтягу.
Критерії міцності при стисканні.
Розрахунок на міцність стислої панелі.

Тема 2. Характеристики статичної міцності.
Коефіцієнт безпеки, експлуатаційне навантаження, розрахункове навантаження, коефіцієнт надлишку міцності.

Тема 3. Розрахунок навантажень на крило.

Розрахунок зосереджених та розподілених сил, поперечних сил, згинаючих та наведених моментів.

3. Program of discipline

Module 1.

Part 1.

Load factors of airplanes and helicopters.

Theme 1. Tasks of strength support.

A place of strength in the process of creating and operating planes and helicopters.

Theme 2. Characteristic of AR.
History of AR creation. Consist of AR.
Requirements for the strength of airplane and helicopters.

Theme 3. Airplane load factor in flight.

Load factor in maneuvers. Airplane load factor in flight from gusts.

Part 2.

Calculation of loads on wing.

Theme 1. Strength criteria
Criteria for compression and tension.
Compression strength criteria.
Strength analysis of the compressed panel.

Theme 2. Characteristics of static strength.

Safety factor, limit loads, ultimate loads, strength reserve.

Theme 3. Calculation of loads on wing.

Calculation of distributed and concentrated forces, shear forces, bending moments and reduced moments

Модуль 2.
Змістовний модуль 1.

Розрахунок на міцність крила літака

Тема 1. Проектувальний обрахунок переріза крила.
Визначення товщини обшивки, шагу стрингерів, площі стрингерів та полок лонжеронів.

Тема 2. Перевірочний розрахунок напружень у крилі.
Розрахунок нормальних напружень, Розрахунок дотичних напружень.

Тема 3. Висновок по міцності.
Міцність повздовжніх елементів.
Міцність обшивки.

Змістовний модуль 2.

Розрахунок на міцність фюзеляжу літака

Тема 1. Обрахунок навантажень на фюзеляж.
Урівноваження літака. Розрахункові випадки для фюзеляжу. Побудова епюр навантаження.

Тема 2. Розрахунок фюзеляжу на міцність.
Розрахунок від вертикальних сил.
Розрахунок від горизонтальних сил.
Розрахунок від сумарних сил.

Тема 3. Розрахунок на міцність шпангоутів та нервюр
Розрахунок силових нервюр.
Розрахунок рядових нервюр.
Розрахунок шпангоутів.

Тема 4. Аероупружність

Module 2.
Part 1.

Strength analysis of airplane wing

Theme 1. Design calculation of a wing cross section.
Determination of thickness of a skin, a pitch of stringers, areas of stringers and spar caps.

Theme 2. Checking strength analysis of wing.
Calculation of normal stresses,
Calculation of shear stresses.

Theme 3. Strength conclusion.
Strength of longitudinal elements.
Strength of the skin.

Part 2.

Strength analysis of airplane fuselage

Theme 1. Load account on fuselage.

Airplane balancing. Critical load conditions for a fuselage. Construction of load diagrams.

Theme 2. Strength analysis of fuselage.

Strength analysis from vertical forces.
Strength analysis from horizontal forces.
Strength analysis from total forces.

Theme 3. Strength analysis of frames and ribs

Strength analysis of load-carrying ribs.
Strength analysis of normal ribs. Strength analysis of frames.

Theme 4. Aeroelasticity

Дивергенція крила та оперення. Флатер Divergence of wing and tail unite. Flutter
крила та оперення. of wings and tail unite

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	денна форма					
	усього	у тому числі				
л		п	лаб	інд	с.р.	
1	2	3	4	5	6	7
Модуль 1						
Змістовий модуль 1. Перевантаження літаків та вертолітів.						
Тема 1. Завдання забезпечення міцності.	12	2	2	2	-	6
Тема 2. Характеристика АП	10	2	2	-	-	6
Тема 3. Перевантаження літака у польоті	20	4	2	2	-	12
Разом за змістовим модулем 1	42	8	6	4	-	24
Змістовий модуль 2. Розрахунок навантажень на крило.						
Тема 1. Критерії міцності	42	10	4	6	-	22
Тема 2. Характеристики статичної міцності.	12	2	2	4	-	4
Тема 3. Розрахунок навантажень на крило.	37	4	2	2	20	9
Модульний контроль	2	-	2	-	-	-
Разом за змістовим модулем 2	93	16	10	12	20	35
Усього годин	135	24	16	16	20	59
Модуль 2						
Змістовий модуль 1. Розрахунок на міцність крила літака						
Тема 1. Проектувальний обрахунок переріза крила.	11	2	2	2	-	5
Тема 2. Перевірочний розрахунок напружень у крилі.	38	4	2	4	20	8
Тема 3. Висновок по міцності	10	2	2	2	-	4
Разом за змістовим модулем 1	59	8	6	8	20	17
Змістовий модуль 2. Розрахунок на міцність фюзеляжу літака						
Тема 1. Обрахунок навантажень на фюзеляж.	10	2	2	2	-	4
Тема 2. Розрахунок фюзеляжу на міцність.	10	2	2	2	-	4
Тема 3. Розрахунок на міцність шпангоутів та нервюр.	12	2	2	2	-	6

Тема 4. Аероупружність	12	2	2	2	-	6
Модульний контроль	2	-	2	-	-	-
Разом за змістовим модулем 2	46	8	10	8	-	20
Усього годин	105	16	16	16	20	37

4. Structure of discipline

Names of parts and themes	Number of hours					
	Full-time tuition					
	Total	Including				
		L	P	Lab	Indiv	Indep
1	2	3	4	5	6	7
Module 1						
Part 1. Load factors for airplanes and helicopters						
Theme 1. Tasks of strength support.	12	2	2	2	-	6
Theme 2. Characteristic of AR	10	2	2	-	-	6
Theme 3. Plane load factors in flight	20	4	2	2	-	12
Total for part 1	42	8	6	4	-	24
Part 2. Calculation of loads on wing.						
Theme 1. Strength criteria.	42	10	4	6	-	22
Theme 2. Characteristics of static strength.	12	2	2	4	-	4
Theme 3. Calculation of loads on wing	37	4	2	2	20	9
Modular control	2	-	2	-	-	-
Total for part 2	93	16	10	12	20	35
Total hours	135	24	16	16	20	59
Module 2						
Part 1. Strength analysis of airplane wing						
Theme 1. Designing strength analysis.	11	2	2	2	-	5
Theme 2. Checking calculation of stresses.	38	4	2	4	20	8
Theme 3. Strength conclusion.	10	2	2	2	-	4
Total for part 1	59	8	6	8	20	17
Part 2. Strength analysis of airplane fuselage						
Theme 1. Fuselage loading	10	2	2	2	-	4
Theme 2. Strength analysis of fuselage.	10	2	2	2	-	4
Theme 3. Frames and ribs strength analysis	12	2	2	2	-	6
Theme 4. Aeroelasticity	12	2	2	2	-	6
Modular control	2	-	2	-	-	-
Total for part 2	46	8	10	8	-	20

Total hours	105	16	16	16	20	37
--------------------	-----	----	----	----	----	----

5. Теми семінарських занять

5. Themes of seminar classes

Семінарських занять не передбачено.

Seminar classes are not provided.

6. Теми практичних занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1	Обрахунок розрахункових швидкостей	2
2	Перевантаження у маневраху горизонтальній площині	2
3	Перевантаження у маневрах у вертикальній площині	2
4	Навантаження літака від поривів	2
5	Навантаження літака у типовому польоту	2
6	Побудова огинаючої режимів польоту	4
7	Вплив середнього напруження на утому	2
8	Розрахунок критичних напружень в обшивці	2
9	Розрахунок ресурсу літака	4
10	Визначення директивних напружень	2
11	Проектування перерізу крила літака	4
12	Розрахунок по МСЕ	4
	Разом	32

6. Themes of practical classes

№ п/п	Name of topic	Number hours
1	Calculation of designing speeds	2
2	Maneuver load factors in horizontal plane	2
3	Maneuver load factors in vertical plane	2
4	Plane loading from gusts	2
5	Plane loading in typical flight	2
6	Plotting of design envelope	4
7	Effect of mean stress on fatigue	2
8	Estimation of critical stress in skin	2
9	Estimation of service life	4
10	Estimation of directive stresses	2
11	Designing of wing cross section	4
12	Strength analysis by FEM	4
	Total	32

7. Теми лабораторних занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1	Лабораторія для випробувань літаків на міцність	2
2	Важільна система навантаження	4
3	Дослідження напружень у полці лонжерону	2
4	Дослідження напружень у стінці лонжерону	4
5	Експериментальне дослідження критичних напружень у стрингері	2
6	Експериментальне дослідження критичних напружень у тонкій пластині	4
7	Експериментальне дослідження модулю зсуву	2
8	Граничні навантаження на панелі	4
9	Навантаження на крило літака	4
10	Нормальні напруження у крилі	4
	Разом	32

7. Themes of laboratory classes

№ п/п	Name of topic	Number hours
1	Laboratory for strength tests	2
2	Lever system for loading	4
3	Research of stress in spar cap	2
4	Research of stress in sparweb	4
5	Experimental estimation of critical stresses in stringer	2
6	Experimental estimation of critical stresses in thin plate	4
7	Experimental estimation of shear modulus	2
8	Ultimate loads on panels	4
9	Loading of plane wing	4
10	Normal stress in wing cross section	4
	Total	32

8. Самостійна робота

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1	Авіаційні Правила	20
2	Нагрів літака у надзвуковому польоті	10

3	Утома авіаційних конструкцій	21
4	Розрахунок навантажень на крило літака	15
5	Метод скінчених елементів	15
6	Флатер крила та оперення	15
	Разом	96

8. Independent work

№ п/п	The name of the topic	Number hours
1	Aircraft Regulations	20
2	Heating of a plane in supersonic flight	10
3	Fatigue of aviation structures	21
4	Calculation of wing loading	15
5	Finite element modeling	15
6	Flutter of wing and tail unit	15
	Total	96

9. Індивідуальні завдання

9. Individual task

№ з/п	Назва завдання	Name of task
1	Розрахунково-графічна робота «Розрахунок навантажень на крило літака»	Estimated-graphic work "Calculation of wing loading"
2	Розрахунково-графічна робота «Проектувальний розрахунок перерізу крила»	Estimated-graphic work "Designing strength analysis of wing cross section"

10. Методи навчання

Передбачено використання модульно-рейтингової системи навчання. У якості форм навчання виступають інформативні, аналітичні та проблемні лекції, практичні заняття, лабораторні роботи, індивідуальні консультації, самостійне вивчення за підтримки матеріалами кафедри 102, опублікованими на сайті

10. Methods of education

The modular rating system is used. Forms of education are: informational, analytical and problematical lectures, practical classes, laboratory works, individual consultations, self-studying supported by materials published by department 102 (<http://k102.khai.edu/>), performance of the home tasks.

<http://k102.khai.edu/>), виконання домашніх завдань.

11. Методи контролю

Діагностика знань студентів здійснюється за допомогою:

- усних опитувань на лабораторних роботах;
- письмових контрольних робіт;
- письмових екзаменаційних завдань;

11. Methods of assessment

Evaluation of academic progress is made in the form:

- verbal communication at practical classes;
- written interim tests;
- written examination tests;

12. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують студенти

12.1. Розподіл балів, які отримують студенти

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Змістовний модуль 1			
Робота на лекціях	0...0,2	10	0...2
Виконання та захист лабораторних (практичних) робіт	0...2,5	4	0...10
Змістовний модуль 2			
Робота на лекціях	0...0,2	14	0...3
Виконання та захист лабораторних (практичних) робіт	0...2,5	4	0...10
Модульний контроль	0...55	1	0...55
Виконання та захист РГР	0...20	1	0...20
Усього за семестр			0...100

Білет для іспиту складається з двох теоретичних питань та двох практичних завдань. Максимальна кількість балів за одне теоретичне питання – 20. Максимальна кількість балів за одне практичне завдання – 30.

12.2. Якісні критерії оцінювання

Необхідний обсяг знань для одержання позитивної оцінки:
- системи Норм льотної придатності повітряних суден (ПС), що прийняті на Україні та світовій практиці;

- зовнішні навантаження на ПС та методи їх розрахунків;
- методи розрахунків повітряних, масових навантажень на агрегати літака та вертольоту в експлуатації;
- критерії міцності елементів конструкцій;
- методи розрахунків напружено - деформованого стану і визначення міцності конструкції при розрахункових діях згідно з різними розрахунковими випадками;
- види випробувань міцності авіаційних конструкцій.

Необхідний обсяг вмінь для одержання позитивної оцінки:

- виконувати розрахунки перевантажень при маневрі і польоті літака у турбулентному повітрі;
- виконувати розрахунки навантажень на основні агрегати літака;
- виконувати проектувальний і перевірочний розрахунки крила і шасі літака;
- визначати міцність типових елементів авіаційних конструкцій.

12.3 Критерії оцінювання роботи студента протягом семестру

Задовільно (60...74). Показати мінімум знань та умінь. Захистити всі індивідуальні завдання та здати тестування. Знати системи Норм льотної придатності повітряних суден (ПС), що прийняті на Україні та світовій практиці; зовнішні навантаження на ПС та методи їх розрахунків; методи розрахунків повітряних, масових навантажень на агрегати літака та вертольоту в експлуатації; критерії міцності елементів конструкцій; методи розрахунків напружено- деформованого стану і визначення міцності конструкції при розрахункових діях згідно з різними розрахунковими випадками; види випробувань міцності авіаційних конструкцій. Уміти виконувати розрахунки перевантажень при маневрі і польоті літака у турбулентному повітрі; виконувати розрахунки навантажень на основні агрегати літака; виконувати проектувальний і перевірочний розрахунки крила і шасі літака; визначати міцність типових елементів авіаційних конструкцій.

Добре (75...89). Твердо знати мінімум, захистити всі індивідуальні завдання, виконати всі КР, здати тестування та поза аудиторну самостійну роботу. Показати вміння виконувати та захищати всі лабораторні роботи в обумовлений викладачем строк з обґрунтуванням рішень та заходів, які запропоновано у роботах. Розв'язувати задачі прикладного характеру по розрахунку міцності літаків та вертолітів.

Відмінно (90...100). Здати всі контрольні точки з оцінкою «відмінно». Досконально знати всі теми та уміти застосовувати їх. Повно знати основний та додатковий матеріали. Орієнтуватися у підручниках та посібниках.

Розподіл балів, які отримують студенти за виконання курсового проекту

Пояснювальна записка	Ілюстративна частина	Захист роботи	Сума
до 70	до 10	до 20	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

13. Methodical support

1. Кирпикін А. О. “Strength of airplanes and helicopters “[Text]: lectures in electronic form. – К.: National Aerospace University “Kharkiv Aviation Institute, 2013.-281р.

2. Кирпикін А. О. “Laboratory training by aircraft strength “[Text]: laboratory works in electronic form. – К.: National Aerospace University “Kharkiv Aviation Institute, 2013.-126р.

3. Кирпикін А. О. “Calculation of wing loads” [Text]: guidance manual for home task in electronic form. – К.: National Aerospace University “Kharkiv Aviation Institute, 2013.-55р.

4. Кирпикін А. О. “Strength analysis of an airplane wing” [Text]: guidance manual for course project in electronic form. – К.: National Aerospace University “Kharkiv Aviation Institute, 2013.-55р.

Електронний ресурс, на якому розміщено навчально-методичний комплекс дисципліни - <http://k102.khai.edu/>.

14. Рекомендована література

14. Recommended references

Базова література:

Principal references:

1. Megson, T.H.G. “Aircraft structures” [Text]. 3rded., 2003.-610р.
2. Стригунов В.М. “Расчет самолета на прочность”, М., Машиностроение, 1984г.
3. Кан С.Н., Свердлов И.А. “Расчет самолета на прочность», М., Машиностроение, 1966г.
4. Михеев Р.А. « Прочность вертолетов», М., Машиностроение, 1984г.

Допоміжна література:

Complementary references:

1. CHUN-YUNG NIU “Airframe structural design” [Text]. 2nd ed., 1989.-607р.
2. Зайцев В.Н., Рудаков В.Л. «Конструкция и прочность самолетов», К., Вища школа, 1978г.

3. Гудков А.И., Лешаков П.С. «Внешние нагрузки и прочность летательных аппаратов», М., Машиностроение, 1968г.
4. Одинок Ю.Г. «Расчет самолета на прочность», М., Машиностроение, 1973г.

15. Інформаційні ресурси

15. Informational references

Department 102 site: <http://k102.khai.edu/>