


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

Кафедра міцності літальних апаратів (№ 102)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми

 Ірина ВОРОНЬКО

(підпис)

(ініціали та прізвище)

« » 2023 р..

РОБОЧА ПРОГРАМА ОБОВ'ЯЗКОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Будівельна механіка

(назва навчальної дисципліни)

Structural Mechanics

(назва навчальної дисципліни на мові викладання)

Галузь знань: 13. «Механічна інженерія»

(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальність: 134. «Авіаційна та ракетно-космічна техніка»

(шифр і найменування спеціальності)


Освітня програма: Проектування, виробництво та сертифікація авіаційної техніки

Форма навчання денна

Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)

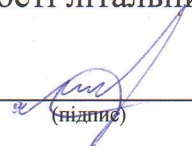
Харків 2023 рік

Розробник: Ткаченко Д.А., старший викладач



Програму розглянуто на засіданні кафедри міцності літальних апаратів (№102)
Протокол №1 від 23.08.2023 р.

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


_____ (підпис)

В. Ю. Мірошніков
(ініціали та прізвище)

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	
Кількість кредитів – 9 (5+4)	Галузь знань 13. Механічна інженерія	Обов'язкова	
	Спеціальність 134. Авіаційна та ракетно-космічна техніка		
Модулів – 2	Освітня програма Проектування, виробництво та сертифікація авіаційної техніки	Рік підготовки:	
Змістових модулів – 4		2023/2024	
Індивідуальне завдання - РГР (5-й сем.), - РГР (6-й сем.).		Семестр	
		5-й	6-й
Загальна кількість годин – 270		Лекції*	
		32 год.	32 год.
		Практичні, семінарські*	
		40 год.	32 год.
Тижневих годин для денної форми навчання:		Лабораторні	
		-	-
аудиторних – 4,3	Самостійна робота		
самостійної роботи студента – 4,2	78 год.	56 год.	
Семестр 5		Індивідуальна робота	
аудиторних* самост. роб.	РГР	РГР	
72 год. 78 год.	Вид контролю		
Семестр 6		іспит	іспит
аудиторних* самост. роб.			
64 год. 56 год.			
Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)			

Примітка. Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить: для денної форми навчання – 136/134

*Аудиторне навантаження може бути збільшене або зменшене на одну годину в залежності від розкладу занять

1. Description of educational discipline

Name of characteristic	Field of knowledge, direction of training, academic degree	Description of educational discipline	
		full-time education	
Number of credits – 9 (5+4)	Field of knowledge 13. Mechanical engineering	Mandatory	
	Specialty 134. Aviation and aerospace technology		
Modules– 2	Educational program Design, manufacture and certification of aircraft	Year of education:	
Parts– 4		2023/2024	
Individual research task - CW (5-thsem.), - CW (6-thsem.).		Semester	
		5-th	6-th
Total number of hours – 270		Lectures*	
		32hrs.	32 hrs.
		Practical, seminar*	
Weekly hours for full-time study:		40hrs.	32 hrs.
		Laboratory work	
auditorium– 4,3		-	-
In dependent student work– 4,2	Independent work		
Semester 5	78hrs.	56hrs.	
	Individual work		
auditorium* 72hrs.	CW	CW	
Student work 78hrs.	Final assessment		
Semester 6	exam		
auditorium* 64 hrs.	exam	exam	
Student work 56hrs.			

Note. The ratio between classroom studies hours to independent and individual work hours is: for the full-time study 136/134.

* Classroom load can be increased or decreased by one hour depending on the schedule.

1. Description of educational discipline

Name of characteristic	Field of knowledge, direction of training, academic degree	Description of educational discipline		
		full-time education		
Number of credits – 9 (5+4)	Field of knowledge 13. Mechanical engineering	Mandatory		
	Specialty 134. Aviation and aerospace technology			
Modules– 2	Educational program Planes and helicopters; Aircraft production and repair technologies; Rocket and space complexes; Design and manufacture of composite structures; Design, manufacture and certification of aircraft	Year of education:		
Parts– 4		2023/2024		
Individual research task - CW (5-thsem.), - CW (6-thsem.).		Semester		
		5-th	6-th	
Total number of hours – 270		Lectures*		
		32hrs.	32 hrs.	
		Practical, seminar*		
		40hrs.	32 hrs.	
Weekly hours for full-time study:		Academic degree <u>first (bachelor)</u>	Laboratory work	
auditorium– 4,3			-	-
In dependent student work– 4,2	Independent work			
	78hrs.		56hrs.	
Semester 5			Individual work	
auditorium* 72hrs.	Student work 78hrs.		CW	CW
Semester 6			Final assessment	
auditorium* 64 hrs.	Student work 56hrs.		exam	exam

Note. The ratio between classroom studies hours to independent and individual work hours is: for the full-time study 136/134.

* Classroom load can be increased or decreased by one hour depending on the schedule.

2. Мета та завдання навчальної дисципліни	2. The purpose and objectives of the discipline
<p>Мета вивчення: Отримання знань про вимоги до структур складних багатоелементних несучих конструкцій взагалі, особливо, тонкостінних – та особливості їх деформування в умовах реальної експлуатації; про граничні стани таких конструкцій; навчити методам визначення напружень, переміщень в елементах складених конструкцій від дії відомих (заданих) зовнішніх сил, а також методам визначення граничних значень параметрів зовнішніх дій, що приводять до граничних станів конструкцій, або елементів.</p> <p>Завдання: Формування у студентів уявлення про розрахункові схеми, що замінюють реальні конструкції, а також надбання навичок розрахунків на міцність та жорсткість структур складних багатоелементних несучих конструкцій авіаційних несучих конструкцій крила, фюзеляжу, шпангоуту, лопаті несучого гвинта та інших агрегатів літального апарату.</p> <p>Компетентності, які набуваються: Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності, Здатність приймати обґрунтовані рішення, Здатність проводити розрахунки елементів авіаційної та ракетно-космічної техніки на міцність; Здатність призначати матеріали для елементів конструкції авіаційної та ракетно-космічної техніки; Здатність проектувати та проводити випробування елементів авіаційної та ракетно-космічної техніки, її обладнання, систем та підсистем.</p> <p>Очікуванні результати навчання: Вибирати та застосовувати для розв’язання задач прикладної механіки придатні математичні методи; Володіти навичками визначення навантажень на конструктивні елементи авіаційної та ракетно-космічної техніки на усіх етапах її життєвого циклу; Обчислювати напружено-деформований стан, визначати несучу здатність конструктивних елементів та надійність систем авіаційної та ракетно-космічної техніки; Застосовувати вимоги галузевих нормативних документів щодо процедур проектування, виробництва,</p>	<p>The purpose of the study: To obtain knowledge about the requirements for the structures of complex multi-element load-bearing structures in general, especially thin-walled - and the features of their deformation in real operation; about the limit states of such structures; teach methods for determining stresses, displacements in the elements of composite structures from the action of known (specified) external forces, as well as methods for determining the limit values of the parameters of external actions that lead to the limit states of structures or elements.</p> <p>Objectives: To form students' ideas about calculation schemes that replace real structures, as well as to acquire skills in calculating the strength and rigidity of structures of complex multi-element load-bearing structures of aircraft wing, fuselage, frame, propeller blades and other aircraft units.</p> <p>Acquired competencies: Knowledge and understanding of the subject area and understanding of professional activity, Ability to make informed decisions, Ability to calculate the elements of aviation and rocket and space technology for strength; Ability to assign materials for structural elements of aircraft and rocket and space technology; Ability to design and test elements of aerospace and rocketry, its equipment, systems and subsystems.</p> <p>Expected learning outcomes: Apply the requirements of industry regulations on procedures for design, manufacture, testing and (or) certification of elements and objects of aerospace and rocketry at all stages of its life cycle, Select and apply suitable mathematical methods to solve problems of applied mechanics; Have the skills to determine the loads on the structural elements of aerospace and rocket technology at all stages of its life cycle; Calculate the stress-strain state, determine the bearing capacity of structural elements and the reliability of aerospace and rocket-space systems.</p>

випробування та (або) сертифікації елементів та об'єктів авіаційної та ракетно-космічної техніки на всіх етапах її життєвого циклу,

Пререквізити – користуватися результатами вивчення дисциплін: «Механіка матеріалів та конструкцій», «Теоретична механіка та ТММ», «Фізика», «Вища математика» та «Нарисна геометрія».

Кореквізити – використовується при вивченні дисциплін: «Міцність літаків та вертольотів», «Випробування на міцність авіаційної техніки».

Prerequisites – uses the results of the study of OP disciplines: "Mechanics of materials and structures", "Theoretical mechanics and TMM", "Physics", "Higher Mathematics" and "Descriptive Geometry".

Co-requisites – used in the study of disciplines: "Strength of aircraft and helicopters", "Tests on the strength of aircraft".

3. Програма навчальної дисципліни	3. Program of discipline
<p>Змістовний модуль 1.</p> <p>Тема 1. Вступ до будівельної механіки Предмет аналізу. Зв'язок будівельної механіки з механікою матеріалів та теорією пружності. Історичний екскурс про розвиток конструкцій в цілому та зокрема авіаційної техніки.</p> <p>Тема 2. Основні гіпотези, теореми та методи будівельної механіки. Аналітичні та чисельні методи будівельної механіки. Основні принципи, гіпотези та теореми будівельної механіки. Основні рівняння механіки твердого тіла (рівняння рівноваги, фізичний закон, закон суцільності, запис повної потенційної енергії тощо).</p>	<p>Part 1.</p> <p>Theme 1. Introduction to Structural Mechanics The subject of structural analysis. Linking of Structural Mechanics with the Mechanics of Materials and Theory of Elasticity. Historical progress of structures, particularly aircraft structures.</p> <p>Theme 2. Main hypotheses, theorems and methods of Structural Mechanics. Analytical and numerical methods of Structural Mechanics. Basic principles, hypotheses and theorems of structural mechanics. Basic equations of solid mechanics (the equilibrium equation, the physical law, the law of continuity, the formulation of full potential energy, etc.).</p>
<p>Змістовний модуль 2.</p> <p>Тема 3. Розрахунок статично визначених конструкцій Три типи аналізу конструкцій: кінематичний, структурний та статичний. Методи розрахунку зусиль у статично визначених фермах (метод з'єднань, метод перерізів, метод заміни стержнів). Використання енергетичних методів (принцип віртуальної роботи, енергія деформування, теорема Кастильяно, формула Максвелла-Мора) при аналізі стержневих конструкцій. Розрахунок лонжерону крила на основі дискретної моделі. Розрахунок комбінованої стрижневої системи з використанням теорем симетрії.</p> <p>Тема 4. Розрахунок статично невизначених систем Статично невизначені конструкції. Метод сил. Метод переміщень. Розрахунок шпангоутів фюзеляжу літака за допомогою метода сил. Розрахунок статично невизначеної просторової системи методом переміщень.</p> <p>Тема 5. Знайомство з методом скінчених елементів Математичне обґрунтування метода скінчених елементів. Функції форми та види скінчених елементів. Розрахунки простих статично визначених та невизначених систем за допомогою метода скінчених елементів в програмному пакеті ANSYS Students</p>	<p>Part 2.</p> <p>Theme 3. Analysis of statically determinate structures Three types of structural analysis: kinematic, structural and static. Methods of forces calculation in statically determinate trusses (Method of Joints, Method of Sections, Method of Rods Substitution). The use of energy methods (Virtual work concepts, Strain energy, Castiliano's theorem, Mohr's formula) for the analysis of rod structures. Wing spar calculation based on discrete model. Calculation of the combined rod system using symmetry theorems.</p> <p>Theme 4. Analysis of statically indeterminate structures Statically indeterminate structures. Force method. Displacement method. Analyses of fuselage frames using the force method. Calculation of statically undetermined spatial system by displacement method.</p> <p>Theme 5. Introduction to the method of finite elements Mathematical statement of the finite element method. Form functions and types of finite elements. Calculations of simple statically determined and indeterminate systems using the finite element method in the ANSYS Students software package</p>

<p>Змістовний модуль 3.</p> <p>Тема 5. Уявлення про підкріплену тонкостінну конструкцію</p> <p>Аналітична модель тонкостінної балки. Розрахунок нормальних напружень, потоків дотичних зусиль та дотичних напружень.</p> <p>Тема 6. Згин, зсув та кручення відкритих та закритих тонкостінних балок</p> <p>Вільне та стиснене кручення тонкостінної балки. Кручення та згин оболонки з відкритим контуром. Кручення та згин оболонки з декількома замкнутими контурами. Центр жорсткості тонкостінної конструкції. Метод редукції і метод фіктивної сили (моменту) для визначення компонент напружено-деформованого стану тонкостінної балки.</p> <p>Theme 7. Stress analysis of aircraft components</p> <p>Розрахунки авіаційних конструкцій: крила та лопаті вертольоту, фюзеляжі літака та вертольоту, хвостові балки вертольоту, нервюри.</p>	<p>Part 3.</p> <p>Theme 5. The concept of stiffened thin-walled structure</p> <p>Analytical model of thin-walled beam. Determination of normal stresses. Determination of shear flow and shear stress.</p> <p>Theme 6. Bending, shear and torsion of opened and closed thin-walled beams</p> <p>Free and restrained torsion of a thin-walled beam. Torsion and bending of the shell with open cross-section. Torsion and bending of the shell with several closed cross-sections. Bending center of the thin-walled structure. The reduction method and the method of fictitious force (moment) to determine the stress-strain state components of a thin-walled beam.</p> <p>Theme 7. Stress analysis of aircraft components</p> <p>Analysis of aircraft structures: wings and helicopter blades, airplane and helicopter fuselages, helicopter tail beams, ribs.</p>
<p>Змістовний модуль 4.</p> <p>Тема 8. Теорія тонких пластинок. Втрати стійкості колон, пластинок та авіаційних панелей</p> <p>Аналітична модель тонкої пластини. Результуючі рівняння згину пластини. Визначення нормальних зусиль. Граничні умови у рівнянні Софі-Жермен. Згин прямокутних пластин. Розрахунок стійкості тонких пластин. Плоский напружено-деформований стан тонких пластин.</p> <p>Стійкість прямокутних пластин. Стійкість при стискаючих та зсувних навантаженнях. Одночасне навантаження згином та зсувом. Точне та приблизне рішення задачі стійкості за межею пропорційності. Втрати стійкості підкріпленої панелі. Робота підкріпленої обшивки літака за межею втрати стійкості за навантаження стиском та зсувом. Уявлення про ширину обшивки, приєднаної до стрингеру.</p>	<p>Part 4.</p> <p>Theme 8. The theory of thin plates. Buckling of columns, plates and aircraft panels</p> <p>Analytical model of thin plate. Resultant equations of plate bending. Consideration of normal forces. Boundary conditions for the Sophy-Germen equation. Bending of the rectangular plates. Stability analysis of thin plates. Plane stress state of thin plate.</p> <p>Stability of rectangular plates. Stability under compressive and shear loads. The simultaneous action of bending and shear. Exact and approximate solutions for the stability beyond the proportional limit. Buckling of stiffened panels. Work of the stiffened skin beyond the buckling limit under compressive and shear loads. The concept of skin width attached to stringer.</p>

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин				
	усього	у тому числі			
		л	п	лаб	с.р.
1	2	3	4	5	6
Модуль 1					
Змістовий модуль 1. Вступ до будівельної механіки					
Тема 1. Вступ до будівельної механіки.	2	2	–	–	–
Тема 2. Основні гіпотези, теореми та методи будівельної механіки.	6	6	–	–	–
Разом за змістовим модулем 1	8	8	–	–	–
Змістовий модуль 2. Аналіз систем силових елементів					
Тема 3. Розрахунок статично визначених конструкцій	52	12	20	–	20
Тема 4. Розрахунок статично невизначених систем	50	10	10	–	30
Тема 5. Знайомство з методом скінчених елементів	40	2	10	–	28
Разом за змістовим модулем 2	142	24	40	–	78
Модуль 2					
Змістовий модуль 3. Розрахунок тонкостінних авіаційних конструкцій за допомогою балочної теорії					
Тема 5. Уявлення про підкріплену тонкостінну конструкцію	4	4	–	–	–
Тема 6. Згин, зсув та кручення відкритих та закритих тонкостінних балок	48	20	18	–	10
Тема 7. Аналіз авіаційних конструкцій	28	4	8	–	16
Разом за змістовим модулем 3	80	28	26	–	26
Змістовий модуль 4. Елементарна теорія пластин та втрата стійкості					
Тема 8. Теорія згину тонких пластинок. Втрата стійкості колон, пластинок та авіаційних панелей	40	4	6	–	30
Разом за змістовим модулем 4	40	4	6	–	30
Усього годин:	270	64	72	–	134

4. Structure of discipline

Names of parts and themes	Number of hours				
	total	Including			
		L	P	Lab	Indep
1	2	3	4	5	6
Module 1					
Part 1. Introduction to Structural Analysis					
Theme 1. Introduction to Structural Analysis	2	2	–	–	–
Theme 2. Main hypotheses, theorems and methods of structural mechanics.	6	6	–	–	–
Total for part 1	8	8	–	–	–
Part 2. Analysis of systems of structural elements					
Theme 3. Analysis of statically determinate structures	52	12	20	–	20
Theme 4. Analysis of statically indeterminate structures	50	10	10	–	30
Theme 5. Introduction to the method of finite elements	40	2	10	–	28
Total for part 2	142	24	40	–	78
Module 2					
Part 3. Analysis of thin-walled elements of aviation structures using beam theory					
Theme 5. The concept of stiffened thin-walled structure	4	4	–	–	–
Theme 6. Bending, shear and torsion of opened and closed thin-walled beams	48	20	18	–	10
Theme 7. Stress analysis of aircraft components	28	4	8	–	16
Total for part 3	80	28	26	–	26
Part 4. Elementary theory of plates and structural instability					
Theme 8. The theory of bending thin plates. Buckling of columns, plates and aircraft panels	40	4	6	–	30
Total for part 4	40	4	6	–	30
Total hours:	270	64	72	–	134

5. Теми семінарських занять	5. Themes of seminar classes
Семінарських занять не передбачено.	Seminar classes are not provided.

6. Теми практичних занять		6. Topics of practical classes	
№ з/п	Назва теми	Name of theme	Кількість годин Number of hours
1	Дискретна модель лонжерону.	Discrete model of the spar.	4
2	Розрахунок змінюваності стрижневої системи.	Analysis of bar system stability.	4
3	Розрахунок сил у статично визначених фермах за допомогою методів вузлів та перерізів.	The determination of the forces in the statically determinate truss using joint and section methods.	4
4	Розрахунок переміщень у статично визначеній комбінованій стрижневій системі з використанням теорем симетрії.	Calculation of the displacement in the statically determinate combined rod system using symmetry theorems.	8
5	Розрахунок напруженого стану шпангоуту фюзеляжу за допомогою методу сил	Analysis of fuselage frame stress state using the force method.	4
6	Розрахунок статично невизначених конструкцій за допомогою методів сил та переміщень	Calculation of the statically indeterminate structures using the force and displacement methods.	6
7	Розрахунок статично визначеної криволінійної просторової балки в ANSYS Workbench (Student)	Calculation of a statically defined curved spatial beam in ANSYS Workbench (Student)	4
8	Розрахунок статично невизначеної фермової конструкції в ANSYS Workbench (Student)	Calculation of a statically indeterminate truss structure in ANSYS Workbench (Student)	2
9	Розрахунок статично невизначеної рамної конструкції в ANSYS Workbench (Student)	Calculation of a statically indeterminate frame structure in ANSYS Workbench (Student)	4
10	Розрахунок нормальних напружень при згині тонкостінної балки.	Determination of normal stresses under bending of thin-walled beam.	2
11	Потоки дотичних зусиль у відкритому контурі.	Shear flows in the opened contour.	2
12	Центр згину відкритого контуру.	Center of bending for an opened contour.	2
13	Потоки дотичних зусиль та центр згину закритого контуру	Shear flows and center of bending for a closed contour.	4
14	Кручення балки з закритим контуром	Torsion of closed contour beam.	2
15	Потоки дотичних зусиль та центр згину для закритого багатозамкненого контуру	Shear flows and center of bending for a multiple-closed contour.	6
16	Метод редукційних коефіцієнтів	Method of reduction coefficients.	2
17	Розрахунок нервюр крила.	Wing ribs structural analysis.	2
18	Розрахунок крила літака дволонжеронної моделі.	Calculation of the two-spar aircraft wing.	2

19	Розрахунок фюзеляжу літака та його елементів	Calculation of the aircraft fuselage and its components.	2
20	Згин тонких пластинок. Плоска задача теорії пружності тонких пластин.	Bending of thin plates. Plane elastic problem of thin plates.	6
	Разом	Total	72

7. Теми лабораторних занять	7. Themes of laboratory classes
Лабораторних занять не передбачено.	Laboratory classes are not provided.

8. Самостійна робота		8. Independent work	
№ з/п	Назва теми	Name of theme	Кількість годин Number of hours
1	Дискретна модель лонжерону.	Discrete model of wing spar.	6
2	Комбінована стрижнева система.	Combined system of structural members	14
3	Внутрішні силові фактори у непрямих балках. Шпангоут фюзеляжу.	Internal force factors for curved beams. Fuselage frame.	12
4	Метод переміщень.	Slope-deflection method	18
5	Метод скінченного елемента	Finite element method	28
6	Використання теорія тонкостінного стержня у розрахунках на міцність фюзеляжа та крила літака	Using the thin-walled beam theory for strength calculations of the aircraft fuselage and wing.	10
7	Закритична поведінка пластин й оболонок	Critical behavior of the Kirchhoff plate	46
	Разом	Total	134

9. Індивідуальні завдання		9. Individual task	
№ з/п	Назва завдання	Name of task	Кількість годин Number of hours
1	Розрахункова робота «Аналіз статично невизначеної рами методом сил та методом скінченного елемента (методом переміщень)»	Calculation work «Analysis of a statically indeterminate frame by the force method and by the finite element method (the displacement method)»	30
2	Розрахункова робота «Застосування балочної теорії тонкостінного стержня до розрахунку авіаційних конструкцій», що включає наступні теми: 1. Розрахунок нормальних напружень при згині тонкостінної балки. 2. Розрахунок балки з відкритим контуром. 3. Розрахунок балки з закритим контуром. 4. Розрахунок балки з багатозамкненим контуром.	Calculation work «Application of the thin-walled beam theory to aviation structures calculations» covering following topics: 1. Determination of normal stresses under bending of thin-walled beam. 2. Structural analysis of opened contour beam. 3. Structural analysis of closed contour beam. 4. Structural analysis of multiple-closed contour beam.	20

10. Методи навчання	10. Methods of education
Проведення аудиторних лекцій, практичних занять, індивідуальних консультацій, самостійна та індивідуальна робота здобувачів.	Conducting classroom lectures, practical classes, individual consultations, independent and individual students works

11. Методи контролю	11. Methods of assessment
Проведення поточного контролю, письмового модульного контролю, фінальний контроль у вигляді іспиту.	Conducting current control, written modular control, final control in the form of an exam.

12. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують студенти

Складові навчальної роботи		Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Модуль 1	Змістовний модуль 1			
	Виконання та захист практичних (лабораторних) робіт	0...1	0	0
	Змістовний модуль 2			
	Виконання та захист практичних (лабораторних) робіт	0...10	6	0...60
	Модульний контроль	0...20	1	0...20
	Виконання та захист РГР	0...20	1	0...20
Усього за 5-й семестр				0...100
Модуль 2	Змістовний модуль 3			
	Виконання та захист практичних (лабораторних) робіт	0...10	5	0...50
	Змістовний модуль 4			
	Виконання та захист практичних (лабораторних) робіт	0...10	1	0...10
	Модульний контроль	0...20	1	0...20
	Виконання та захист РГР	0...20	1	0...20
Усього за 6-й семестр				0...100

Семестровий контроль (іспит) проводиться у разі відмови здобувача від балів поточного тестування та за наявності допуску до іспиту. Під час складання семестрового іспиту здобувач має можливість отримання максимум 100 балів.

Білет для іспиту складається з двох теоретичних питань та одного практичного завдання. Максимальна кількість балів за одне теоретичне питання – 30. Максимальна кількість балів за одне практичне завдання – 40.

12. Evaluation criteria and distribution of points received by students

Components of educational work		Points per lesson (task)	Number of lessons (tasks)	The total number of points
Module 1	Part 1			
	Execution and protection of laboratory (practical) works	0...1	0	0
	Part 2			
	Execution and protection of laboratory (practical) works	0...10	6	0...60
	Modular control	0...20	1	0...20
	Implementation and protection of CW	0...20	1	0...20
Total for the 5th semester				0...100
Module 2	Part 3			
	Execution and protection of laboratory (practical) works	0...10	5	0...50
	Part 4			
	Execution and protection of laboratory (practical) works	0...10	1	0...10
	Modular control	0...20	1	0...20
	Implementation and protection of CW	0...20	1	0...20
Total for the 6th semester				0...100

The semester control (exam) is carried out in case the zdobuvach refuses the points of the current testing and in the presence of admission to the exam. During the semester exam the zdobuvach has the opportunity to receive a maximum of 100 points.

The ticket for the exam consists of two theoretical questions and one practical task. The maximum number of points for one theoretical question is 30. The maximum number of points for one practical task is 40.

Критерії оцінювання роботи здобувача протягом семестру

Задовільно (60 – 74). Показати мінімум знань та умінь. Здати РГР. При написанні модулів знайти відповіді на теоретичні запитання і показати при потребі хід рішення прикладених задач. Знати основні положення проведення аналізу та розрахунку комбінованих стрижневих систем. Вміти будувати епюри внутрішніх силових факторів в таких конструкціях. Знати як використовувати метод переміщень для розрахунків. Вміти знаходити взаємні переміщення перерізів силових елементів конструкцій. Мати уяву про розрахункову модель тонкостінного стрижня кесону та пластинок.

Добре (75 – 89). Твердо знати мінімум за всіма темами та вміти застосовувати його. Здати РГР. При написанні модулів знайти відповіді на теоретичні запитання і показати повне рішення поставлених задач. Вільно володіти методами проведення аналізу та розрахунку комбінованих стрижневих систем. Вміти будувати епюри внутрішніх силових факторів в таких конструкціях з використанням теорем о симетрії. Вміти використовувати метод переміщень для розрахунків. Вміти оцінювати жорсткість силових елементів конструкцій. Вміти знаходити геометричні характеристики поперечних перерізів тонкостінного стрижня. Вміти розрахувати напружений стан поперечного перерізу тонкостінного стрижня при зсуві та згинанні. Мати уяву про напружений стан кесону, роботу пластинок при згинанні, стійкість пластинок.

Відмінно (90 – 100). Твердо знати всі тем та вміти застосовувати їх. Здати РГР на максимальну оцінку. Модульний контроль написати на оцінку, близьку до максимальної. Вільно володіти всіма методами проведення аналізу та розрахунку комбінованих стрижневих систем. Вміти будувати епюри внутрішніх силових факторів в таких конструкціях з використанням симетризації навантаження та теорем о симетрії. Вміти вільно використовувати метод переміщень для розрахунків. Вміти оцінювати жорсткість силових елементів конструкцій з використанням симетризації навантаження. Вміти знаходити геометричні характеристики поперечних перерізів тонкостінного стрижня. Вміти розрахувати напружений стан поперечного перерізу тонкостінного стрижня при зсуві та згинанні, знаходити його центр згинання та жорсткості. Мати уяву про напружений стан кесону, роботу пластинок при згинанні, стійкість пластинок.

При виконанні практичних робіт показати самостійність і настирливість при досяганні цілі.

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

Criteria for evaluating student work during the semester

Satisfactory (60 – 74). Show a minimum of knowledge and skills. Pass the CW. When writing modules to find answers to theoretical questions and to show if necessary the course of the decision of the applied problems. Know the basic principles of analysis and calculation of combined rod systems. Be able to build diagrams of internal force factors in such structures. Know how to use the displacement method for calculations. Be able to find mutual displacements of sections of power elements of structures. Have an idea of the computational model of a thin-walled caisson rod and plates.

Good (75 – 89). Firmly know the minimum on all topics and be able to apply it. Pass the CW. When writing modules to find answers to theoretical questions and show the complete solution of the tasks. Fluent in the methods of analysis and calculation of combined rod systems. Be able to construct plots of internal force factors in such constructions using symmetry theorems. Be able to use the method of movements for calculations. Be able to assess the rigidity of the power elements of structures. Be able to find the geometric characteristics of the cross sections of a thin-walled rod. Be able to calculate the stress state of the cross section of a thin-walled rod during shear and bending. Have an idea of the stress state of the caisson, the work of the plates during bending, the stability of the plates.

Excellent (90 – 100). Firmly know all the topics and be able to apply them. Pass the CW for the maximum score. Write the modular control for an estimate close to the maximum. Fluent in all methods of analysis and calculation of combined rod systems. Be able to construct plots of internal force factors in such constructions using load symmetry and symmetry theorems. Be able to freely use the method of movement for calculations. Be able to estimate the rigidity of the power elements of structures using load balancing. Be able to find the geometric characteristics of the cross sections of a thin-walled rod. Be able to calculate the stress state of the cross section of a thin-walled rod during shear and bending, find its center of bending and stiffness. Have an idea of the stress state of the caisson, the work of the plates during bending, the stability of the plates.

When performing practical work to show independence and perseverance in achieving the goal.

Grading scale: point and traditional

The sum of points	Evaluation on a traditional scale	
	Exam, differentiated test	Test
90 – 100	Excellent	Enrolled
75 – 89	Good	
60 – 74	Satisfactory	
0 – 59	Unsatisfactory	Not enrolled

13. Методичне забезпечення**13. Methodical support**

1. Kassimali, A. Structural Analysis [Text] / A. Kassimali. 3d ed., 2005. – 874 p.
2. Hibbeler, R. C. Structural Analysis [Text] / R. C. Hibbeler. 8th ed., 2012. – 698 p.
3. Дібір Г.О. Будівельна механіка авіаційних конструкцій : навч. посіб. , Ч. 2 : Розрахунок тонкостінних конструкцій; М-во освіти і науки України, Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського "Харків. авіац. ін-т". – Харків. – Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського "Харків. авіац. ін-т", 2020. – 280 с.
4. Дібір О.Г., Кирпикін А.О. Дослідження дискретної моделі лонжерона та комбінованих стрижневих систем : навч. посіб.; М-во освіти і науки України, Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського "Харків. авіац. ін-т". – Харків. – Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського "Харків. авіац. ін-т", 2019. - 88 с.

14. Рекомендована література**14. Recommended references****Базова література:****Principal references:**

5. Megson, T.H.G. An Introduction to Structural Analysis [Text] / T.H.G. Megson. – 4th ed., 2010. – 649 p.
6. Megson, T.H.G. Structural and Stress Analysis [Text] / T.H.G. Megson. – 2d ed., 2005. – 756 p.

Допоміжна література:**Complementary references:**

1. Williams, A. Structural Analysis in Theory and Practice [Text] / A. Williams. – 2009. – 599 p.
2. Gordon, J. Structures Structures: or, Why things don't fall down [Text] / J. Gordon. – 1978. – 395 p.
3. Shihua, B. Structural Machanics [Text] / B. Shihua, G. Yaoqing, 2005. – 627 p.

15. Інформаційні ресурси**15. Informational references**

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