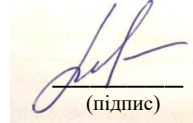


Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Кафедра: Композитних конструкцій та авіаційного матеріалознавства (№ 403)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Голова НМК 1



(підпис)

Шевцова М.А.

(ініціали та прізвище)

«_____» _____ 2021 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА ВИБИРКОВОЇ
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Технологічна механіка композитних конструкцій

(назва навчальної дисципліни)

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

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

Освітня програма: Проектування та виробництво конструкцій із композиційних матеріалів
(найменування освітньої програми)

Форма навчання: денна

Рівень вищої освіти: другий (магістерський)

Харків 2021 рік

Робоча програма Технологічна механіка композитних конструкцій

(назва дисципліни)

для студентів за спеціальністю 134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка за ОП
«Проектування та виробництво конструкцій із композиційних матеріалів»

« 26 » 06 2021 р., – 14 с.

Розробники: Шевцова М.А., професор, к.т.н.

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



(підпис)

Робочу програму розглянуто на засіданні кафедри 403

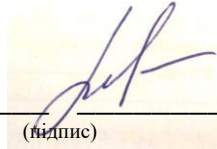
Композитних конструкцій та авіаційного матеріалознавства

(назва кафедри)

Протокол № 1 від « 28 » серпня 2021 р.

Завідувач кафедри професор, к.т.н

(науковий ступінь і вчене звання)



(підпис)

Шевцова М.А.,

(ініціали та прізвище)

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показника	Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни (денна форма навчання)
Кількість кредитів – 5	<p>Галузь знань <u>13 Механічна інженерія</u> (шифр і найменування)</p> <p>Спеціальність <u>134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка</u> (код і найменування)</p> <p>Освітня програма <u>Проектування та виробництво конструкцій із композиційних матеріалів</u> (найменування)</p> <p>Рівень вищої освіти: другий (магістерський)</p>	Цикл вільного вибору
Кількість модулів – 1		Навчальний рік
Кількість змістовних модулів – 2		2021/2022
Індивідуальне завдання _____ РР (назва)		Семестр
Загальна кількість годин – 64*/86		3-й
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 64 самостійної роботи студента – 86		Лекції*
		32 години
		Практичні, семінарські*
		32 години
		Лабораторні*
	_____ годин	
Самостійна робота		
86 годин		
Вид контролю		
модульний контроль, іспит		

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить: 64/86

*Аудиторне навантаження може бути зменшене або збільшене на одну годину залежно від розкладу занять.

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета вивчення: навчити студентів методам розрахунку параметрів процесу формування композитних конструкцій та визначення залишкового напружено-деформованого стану (НДС) композитної конструкції при термічних та складальних навантаженнях.

Завдання:

Ознайомити студентів з розділами механіки суцільного твердого тіла, процесами, які відбуваються при формуванні композитних конструкцій та математичними моделями, які застосовуються для їх опису для визначення параметрів процесу формування композитних конструкцій та залишкового НДС композитної конструкції при їх виробництві.

Результати навчання: У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен:

знати:

- процеси, які відбуваються в композитних конструкціях при їх формуванні
- технологічні навантаження, що виникають в процесі виробництва виробів з полімерних композиційних матеріалів (ПКМ)
- методику визначення залишкового технологічного НДС композитних конструкцій
- методи вдосконалення технологічних процесів та обладнання для виготовлення композитних конструкцій високої якості
- методику визначення параметрів ефективного процесу формування композитної конструкції.

вміти:

- нормувати навантаження, що виникають в процесі виробництва виробів з полімерних композиційних матеріалів (ПКМ)
- визначати технологічні параметри процесу формування композитної конструкції
- визначати технологічне НДС стержня з ПКМ
- визначати технологічне НДС пластини з ПКМ

Міждисциплінарні зв'язки: «Вища математика», «Механіка матеріалів та конструкцій», «Матеріалознавство», «Механіка армованих матеріалів», «Механіка композитних конструкцій», «Проектування технологічних процесів виробництва композитних конструкцій». Курс є додатком для вивчення дисциплін, пов'язаних з розрахунком на міцність, проектуванням, конструюванням та виробництвом виробів із КМ.

3. Програма навчальної дисципліни

Змістовний модуль 1. Визначення параметрів процесу формування

Тема 1. Проблеми вдосконалення технологічних процесів виробництва виробів з полімерних композиційних матеріалів високого якості.

Загальні проблеми технологічної механіки. Причини виникнення залишкових напруг в полімерних КМ. Розробка моделі, що описує технологічний процес формування авіа конструкцій із КМ. Етапи процесу формування та моделі, що застосуються для їх опису. Мікроскопічні напруги в композиті та методи боротьби з ними. Експериментальні методи визначення залишкових напруг в елементах конструкцій із КМ.

Тема 2. Проблеми створення композитних конструкцій авіаційного призначення заданого якості.

Загальна характеристика конструкцій що створюються із композиційних матеріалів. Дефекти, які найбільш поширені при виробництві подібних конструкцій з ПКМ. Причині виникнення НДС в формованому виробу. Врахування впливу виробничих процесів на несучу здатність конструкції, що виготовляється. Математичні моделі, що описують процеси, які протікають в матеріалі при формуванні: хемовязкостна, теплова і механічна.

Тема 3. Моделювання ступені затвердіння при формуванні виробів з КМ.

Аналіз комплексу технологічних параметрів процесу формування виробів з полімерних композиційних матеріалів. Експериментальні методи вимірювання ступеня затвердіння полімеру та їх порівняння для різних сполучників. Аналітичне рішення хемовязкостного завдання. Визначення ступеня полімеризації з рівняння Арреніуса. Вибір аналітичної моделі кінетики реакції затвердіння на прикладі експериментально отриманих значень сполучного EA9396.

Тема 4. Визначення усадочних деформацій при затвердінні полімерного сполучного.

Напруги, викликані зміною в'язкості матеріалу. Експериментальне визначення усадочних напруг. Моделювання усадочних деформацій в процесі затвердіння полімеру за допомогою побудови аналітичної моделі на табличних експериментальних даних. Визначення усадки сполучного FM 300-2 з використанням непрямого методу за допомогою балкових елементів

Тема 5. Тиск при режимі затвердіння ПКМ

Аналітична модель визначення необхідної величини тиску при формуванні композитної конструкції при заданих навчальних параметрах пакету КМ и потрібного кінцевого значення об'єму армуючого матеріалу в готовому виробі.

Тема 6. Температурне поле в композитному виробі при його формуванні.

Термодинамічна модель формування композитного виробу. Допущення та граничні умови. Рішення аналітичної термодинамічної моделі з урахуванням конвективного теплообміну з зовнішніх поверхонь нагрівальної системи і екзотермічний ефект реакції полімеризації. Чисельні дослідження температурної моделі формування композиту на оснащенні, що підігрівається. Залежності параметрів стандартного режиму формування пакету від товщини, швидкості нагріву, швидкості обдуву, матеріалу оснастки, та її геометрії. Визначення перепаду температури по товщині виробу,

що формується. Аналіз факторів, що впливають на нерівномірний розподіл температурного поля по товщині пакета ПКМ

Змістовний модуль 2. Технологічні напруги композитної конструкції

Тема 1. Визначення технологічного напружено-деформованого стану при охолодженні панельних конструкцій із КМ.

Основні методи і допущення. Вибір розрахункової схеми. Поля напружень та деформацій в композитних матеріалах при охолодженні до кінцевої температури. Чисельні результати. Залежності кривизни композитної пластини від довжини її сторін при різних укладаннях армуючого матеріалу.

Тема 2. Визначення напружено-деформованого стану і технологічних поведок довгомірних профілів з КМ.

Основні методи і допущення. Вибір розрахункової схеми. Аналітичне рішення.

Чисельні результати. Деформації довгомірного профілю в залежності від укладання та геометрії введення додаткових шарів армуючого матеріалу.

Тема 3. Дослідження НДС при складальних і монтажних роботах в виробництві конструкцій із КМ.

Визначення технологічних зусиль при складально-монтажних роботах. Напружено-деформований стан ребристою панелі при складанні. Напружено-деформований стан при складанні-склеюванні тришарової анізотропної панелі з початковими прогинами несучих шарів. Визначення допустимого рівня залишкового технологічного напруженого стану деталей авіа конструкцій.

4. Структура навчальної дисципліни

Назва змістовного модуля і тем	Кількість годин				
	Усього	У тому числі			
		л	п	лаб.	с. р.
1	2	3	4	5	6
Змістовний модуль 1. Визначення параметрів процесу формування					
Тема 1. Проблеми вдосконалення технологічних процесів виробництва виробів з полімерних композиційних матеріалів високої якості	3	2			1
Тема 2. Проблеми створення композитних конструкцій авіаційного призначення заданої якості	3	2			1
Тема 3. Моделювання ступені затвердіння при формуванні виробів з КМ	9	2	4		3
Тема 4. Визначення усадочних деформацій при затвердінні полімерного сполучного	11	4	4		3
Тема 5. Тиск при режимі затвердіння ПКМ	11	2	4		5
Тема 6. Температурне поле в композитному виробі при його формуванні	13	4	4		5

Модульний контроль	10				10
Разом за змістовним модулем 1	60	16	16		28
Змістовний модуль 2. Технологічні напруги композитної конструкції					
Тема 1. Визначення технологічного напружено-деформованого стану при охолодженні панельних конструкцій із КМ.	24	6	4		14
Тема 2. Визначення напружено-деформованого стану і технологічних поводок довгомірних профілів з КМ.	22	4	4		14
Тема 3. Дослідження НДС при складальних і монтажних роботах в виробництві конструкцій із КМ.	34	6	8		20
Модульний контроль	10				10
Разом за змістовним модулем 2	90	16	16		58
Усього годин	150	32	32		86

6. Теми практичних занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1	Визначення параметрів оптимізованого режиму затвердіння	4
2	Побудова функції ступеня затвердіння сполучного	4
3	Розрахунок тиску формування	4
4	Моделювання усадки сполучного	4
5	Визначення технологічного напружено-деформованого стану при охолодженні панельних конструкцій із КМ.	4
6	Визначення напружено-деформованого стану і технологічних поводок довгомірних профілів з КМ.	4
7	Дослідження НДС ребристої конструкцій із КМ при складанні.	4
8	Дослідження НДС тришарової конструкцій із КМ при складанні	4
	Разом	32

7. Теми лабораторних занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
	Разом	

8. Самостійна робота

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
Змістовний модуль 1		
1	Проблеми вдосконалення технологічних процесів виробництва виробів з полімерних композиційних матеріалів високого якості	1

2	Проблеми створення композитних конструкцій авіаційного призначення заданої якості	1
3	Моделювання ступені затвердіння при формуванні виробів з КМ	3
4	Визначення усадочних деформацій при затвердінні полімерного сполучного	3
5	Тиск при режимі затвердіння ПКМ	5
6	Температурне поле в композитному виробі при його формуванні	5
	Модульний контроль	10
	Разом	28
Змістовний модуль 2		
1	Визначення технологічного напружено-деформованого стану при охолодженні панельних конструкцій із КМ.	14
2	Визначення напружено-деформованого стану і технологічних поводок довгомірних профілів з КМ.	14
3	Дослідження НДС при складальних і монтажних роботах в виробництві конструкцій із КМ.	20
	Модульний контроль	10
	Разом	58
	Усього годин	86

9. Індивідуальні завдання

Індивідуальні завдання передбачає розрахунок за індивідуальним завданням:

- Визначення параметрів оптимізованого режиму затвердіння
- Побудова функції ступеня затвердіння сполучного
- Розрахунок тиску формування
- Моделювання усадки сполучного
- Визначення технологічного напружено-деформованого стану при охолодженні панельних конструкцій із КМ.
- Визначення напружено-деформованого стану і технологічних поводок довгомірних профілів з КМ.
- Дослідження НДС ребристої конструкцій із КМ при складанні.
- Дослідження НДС тришарової конструкцій із КМ при складанні

10. Методи навчання

Для викладання курсу застосовуються словесні пояснення, розповіді та бесіди з залученням ілюстративного матеріалу у вигляді презентацій, додаткових інтернет матеріалів, демонстрування процесів на зразках, які знаходяться у лабораторії кафедри. На практичних та лабораторних роботах студенти самостійно працюють під наглядом викладача та УВП.

11. Методи контролю

Поточний контроль здійснюють під час проведення практичних та лекційних занять, метою якого є перевірка рівня підготовки студента до виконання окремих видів роботи у вигляді опитування, або тестування. Модульний контроль для оцінювання результатів навчання за змістовним модулем здійснюється у вигляді пись-

мового виконання особистого завдання. Підсумковий контроль складається з балів, що студенти отримали під час проведення практичних і лекційних занять, результатів тестового опитування та модульного контролю.

12. Критерії оцінювання та 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
Змістовний модуль 1			
Робота на лекціях (опрацювання теми за дистанційною формою навчання)	0...1 (0...5)	8 (6)	0...8 (0...30)
Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт	3...5	4	12...20
Модульний контроль (при дистанційній формі навчання)	0...20 -	1 -	0...20 -
Змістовний модуль 2			
Робота на лекціях (опрацювання теми за дистанційною формою навчання)	0...1 (0...5)	8 (3)	0...8 (0...15)
Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт	3...5	4	12...20
Модульний контроль (при дистанційній формі навчання)	0...20 (0...15)	1 1	0...20 (0...15)
Усього за семестр			24...100

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

Білет для іспиту складається з двох теоретичних та двох практичних питань. Максимальна кількість балів за кожне питання 25 балів (сума – 100 балів).

12.2. Якісні критерії оцінювання

Необхідний обсяг знань для одержання позитивної оцінки:

- Дефекти композитних конструкцій, які з'являються у процесі їх виготовлення.
- Методи визначення ступені затвердіння виробів з КМ
- Методи визначення усадочних деформацій полімерного сполучного
- Методи регулювання температурного поля в композитному виробі при його формуванні

- Методику вибору параметрів процесу формування для виготовлення виробів з полімерних композиційних матеріалів високої якості
- Способи зниження технологічного напружено-деформованого стану при охолодженні конструкцій із КМ.

Необхідний обсяг вмінь для одержання позитивної оцінки:

- Визначення параметрів режиму затвердіння сполучного в композитної конструкції
- Розрахунок тиску формування
- Визначення поведок панельних конструкцій із КМ після формування.
- Визначення технологічних поведок довгомірних профілів з КМ.
- Визначення монтажних зусиль при складанні конструкцій із КМ.

12.3 Критерії оцінювання роботи студента протягом семестру

Задовільно (60-74). Мати мінімум знань та умінь. Виконати практичні роботи та домашні завдання. Знати відповіді на питання, які вказані у пункті 12.1.

Добре (75 - 89). Твердо знати мінімум знань, виконати усі завдання. Показати вміння виконувати та захищати всі практичні роботи в обумовлений викладачем строк з обґрунтуванням рішень та заходів, які запропоновано у роботах. Вміти оптимізувати режим процесу формування композитної конструкції, визначати її технологічне НДС після виготовлення.

Відмінно (90 - 100). Повно знати основний та додатковий матеріал. Безпомилково виконувати та захищати всі практичні роботи в обумовлений викладачем строк з докладним обґрунтуванням рішень та заходів, які запропоновано у роботах. Знати усі теми. Орієнтуватися у підручниках та посібниках. Вміти визначати технологічне НДС композитної конструкції. Вносити пропозиції щодо зміни конструктивної схеми виробу з урахуванням отримання необхідної якості. Оптимізувати процес виготовлення композитної конструкції, оцінювати його продуктивність та ефективність.

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

Обов'язкові складові:

- робоча програма дисципліни;
- конспект лекцій, підручники (навчальні посібники), в тому числі в електронному вигляді, які за змістом повністю відповідають робочій програмі дисципліни;
- методичні вказівки та рекомендації для виконання курсових робіт та проектів, розрахункових та розрахунково-графічних робіт, лабораторних та практичних робіт, а також рекомендації для самостійної підготовки;
- тематики індивідуальних завдань;
- приклади розв'язування типових задач чи виконання типових завдань;

- питания, тести для контрольных заходів;
- каталоги інформаційних ресурсів;

14. Рекомендована література

Базова.

1. Моделирование процесса формования композитных конструкций. Вамболь А.А., Пургина С.М., Ставиченко В.Г., Шевцова М.А. /Национальный аэрокосмический университет ХАИ, Харьков, 2016, 152с.
2. Гузь А.Н., Томашевский В.Т., Шульга Н.А., Яковлев В.С., Технологические напряжения и деформации в КМ. Киев, "Вища школа", 1988, 270 с.

Додаткова література.

1. Цыплаков О.Г. Научные основы технологии композиционно-волокнистых материалов. В 2-х ч. Часть 1, Пермское книж. изд-во, Пермь, 1974, 316 с.
2. Цыплаков О.Г. Научные основы технологии композиционных волокнистых материалов. В 2-х ч. Часть 2, Пермское книж. изд-во, Пермь, 1975, 275 с.
3. Крысин В.Н., Крысин М.В. Технологические процессы формования намотки и склеивания конструкций. М., Машиностроение, 1989, 240 с.

15. Інформаційні ресурси

Сайт кафедри: <http://k403.khai.edu/>

3. Лабораторні роботи

Не заплановано.

4. Практичне завдання (12 годин).

Заняття 1. (2 години). Визначення пружних властивостей моношару КМ (модуля пружності, модуля зсуву, коефіцієнту температурного розширення, коефіцієнтів Пуасона в залежності від кута армування та об'ємного складу армуючого матеріалу).

Заняття 2. (2 години). Методика розрахунку пружних властивостей шаруватого КМ (розрахунок коефіцієнтів жорсткості та пружних властивостей шаруватого КМ).

Заняття 3. (4 години). Методика розрахунку міцностних властивостей шаруватого КМ (за критерієм максимальних напружень, максимальних деформацій та Мізеса-Хіла).

Заняття 4. (2 години). Визначення пружних властивостей моношару КМ, армованого системою трех нитей (модуля пружності, модуля зсуву).

2 години виділяється на відпрацювання та здачу завдань.

5. Розрахункова робота (12 часів самостійної роботи)

Розрахункова робота – домашнє завдання на основі практичного заняття № 1-3. Виконується задача визначення ФМХ монослою, а також для структури для конкретного варіанту завдання.

Список рекомендованої літератури

1. Основна література.

1. Я.С. Карпов Механика композиционных материалов. – Харьков: Нац. аэрокосмический ун –т 2001 -122с.

2. Васильев В.В. Механика конструкций из композиционных материалов. М.: Машиностроение. 1988. 272с.

3. Тарнопольский Ю.М., Жигун И.Г., Поляков В.А. Пространственно-армированные композиционные материалы /справочник. М.: Машиностроение, 1987. 223с.

2. Додаткова література

1. Лехницкий С.Г. Теория упругости анизотропного тела. М.; Наука. 1977. 416с.

2. Доннелл Л.Г. Балки, пластины и оболочки. М.: Наука. 1982. 568с.

3. Композиционные материалы: справочник/ В.В. Васильев, В.Д. Протасов, В.В. Болотин и др.; Под общ. ред. В.В. Васильева, Ю.М. Тарнопольского. М.: Машиностроение. 1990. 512с.

4. Композиционные материалы: В 8-ми т. Пер с англ. под ред. Л. Браутмана, П. Крока. Т.2. Механика композиционных материалов/ Под ред. Дж. Сендечки. М.: Мир. 1979. 564с.

Контрольні питання

Розділ 1. Деформативные и прочностные свойства однонаправленных КМ

1. Дати визначення тензора напружень та записати його.
2. Дати визначення головних напружень та записати формули для їх визначення.
3. Охарактеризувати інваріанти тензора напружень.
4. Записати тензор деформацій та розтлумачити фізичний сенс його компонентів.
5. Як визначити напруження в точці тіла при повертанні системи координат?
6. Вивести диференційні залежності компонентів малих деформацій в залежності від компонентів переміщень точок тіла.
7. Записати рівняння нерозривності деформацій точки тіла.
8. Записати диференційні рівняння рівноваги точок тіла.
9. В чому полягає закон взаємності дотичних напружень в тілі.
10. Що являє собою рівняння Сен-Венана?
11. Записати співвідношення Коши для визначення компонентів деформацій точок тіла.
12. Розтлумачити фізичний сенс коефіцієнтів Пуасона, модуля пружності, коефіцієнтів деформацій, модуля зсуву.
13. Розтлумачити фізичний сенс коефіцієнтів Ченцова та коефіцієнтів взаємного впливу першого та другого роду.
14. Записати узагальнений закон Гука для анізотропного тіла.
15. Дати визначення ортотропного тіла, анізотропного тіла, ізотропного тіла.
16. Як можна визначити лінійні та зсувні деформації точок тіла?
17. Записати диференційні рівняння Нав'є.
18. Записати основні припущення при виводі формули потенційної енергії деформування тіла.
19. Які співвідношення мають назву формул Гріна?
21. Як визначити деформації в точці у композиційному матеріалі у локальній (власній) системі координат через деформації у глобальній системі координат?
22. Як визначити напруження в точці у композиційному матеріалі у локальній (власній) системі координат через деформації у глобальній системі координат?

Розділ 2. Деформативные и прочностные свойства слоистых КМ

23. Який є запис коефіцієнтів жорсткості V_{ij} шаруватого КМ?
24. Визначити пружні властивості анізотропного шаруватого КМ, якщо відомі його коефіцієнти жорсткості.
25. Що таке коефіцієнти температурного розширення та усадки шаруватого КМ?
26. Які з коефіцієнтів жорсткості V_{ij} дорівнюють нулю для випадку ортотропного КМ?
27. При яких кутах армування пакет КМ є ортотропним?
28. Які існують моделі структури КМ?
29. Від чого залежить гранична міцність шаруватого КМ?

30. Які існують критерії міцності односпрямованого КМ?
31. Як визначити міцність односпрямованого КМ за критерієм максимальних напружень?
32. Як визначити міцність односпрямованого КМ за критерієм максимальних деформацій?
33. Як визначити міцність односпрямованого КМ за критерієм Мізеса-Хіла при одноосьовому напруженому стані?
34. Записати критерій міцності Хофмана.
35. Які існують критерії міцності шаруватих КМ?
36. Як визначити міцність шаруватого КМ з кутами укладки 0° та 90° при одноосьовому розтягненні за критерієм максимальних напружень?
37. В чому полягає сенс моделі Васильєва для опису структури КМ?
38. Записати постулат про належність пружного потенціалу для ортотропного тіла.
39. Що таке гетерогенна модель для опису структури КМ?
40. Що таке гомогенна модель для опису структури КМ?
41. Що таке стрижнева модель для опису структури КМ?
42. Що таке об'ємна місткість волокон в КМ?
43. Назвіть основні компоненти КМ.
44. Як визначити міцність шаруватого КМ з кутами укладки $\pm\varphi^\circ$ при одноосьовому розтягуванні (стиску) за критерієм максимальних напружень?
45. Як визначити міцність шаруватого КМ з кутами укладки 0° , 90° , $\pm\varphi^\circ$ при зсуві за критерієм Мізеса-Хіла?
47. Як визначити міцність КМ на розтягування та стиск для симетрично армованого КМ при розтягуванні за стрижневою моделлю шаруватого КМ?
48. Який КМ має назву симетрично армованого, ортогонально армованим, односпрямованим?

7. Форми і засоби проведення поточного та підсумкового контролю

- А. Поточний контроль:
 1. Прийом домашнього завдання;
 2. Відповіді на практичних заняттях
- Б. Підсумковий контроль - залік.