

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

МЕХАНІКО-МАШИНОБУДІВНИЙ ІНСТИТУТ

Кафедра динаміки, міцності машин і опору матеріалів

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Директор ММІ

М.І. Бобир

(підпис)

(ініціали, прізвище)

«___» _____ 2017 р.

**НОВІ МАТЕРІАЛИ:
ПРОГРАМА
навчальної дисципліни**

підготовки бакалавр
(назва освітньо-кваліфікаційного рівня)

спеціальності 131. Прикладна механіка
(шифр і назва)

спеціалізації «Динаміка і міцність машин»
(назва)

форми навчання денна
(денна/заочна)

Ухвалено методичною комісією

ММІ

(назва інституту/факультету)

Протокол від _____ 2017 р. № _

Голова методичної комісії

(О.А. Охріменко)

(підпис)

(ініціали, прізвище)

«__» _____ 2017 р.

Київ – 2017

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ:

доцент каф ДММ і ОМ, к.т.н., Шидловський М.С.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

_____ (підпис)

Програму затверджено на засіданні кафедри Динаміки і міцності машин і опору матеріалів

Протокол № ___ від «__» _____ 2017 року

В.о. завідувача кафедри

_____ (підпис)

(А.Є. Бабенко)
(ініціали, прізвище)

«_____» _____ 2017 р.

Вступ

Програму навчальної дисципліни «Нові матеріали» складено відповідно до освітньо-професійної програми підготовки «бакалавр» спеціальності 131 «Прикладна механіка»

Навчальна дисципліна належить до циклу професійної та практичної підготовки

Предмет навчальної дисципліни: Нові матеріали (полімерні та композиційні матеріали), що застосовуються в машинобудуванні та інших галузях промисловості, їх властивості, особливості експлуатації в різних умовах та способи випробувань матеріалів та виробів

Міждисциплінарні зв'язки: дисципліна «Нові матеріали» ґрунтується на курсах фізики, органічної хімії, матеріалознавства та опору матеріалів; пов'язана з курсами пластичності та повзучості, деталей машин та механіки руйнування, доповнюючи вказані курси стосовно неметалевих матеріалів.

Дисципліна є базою для виконання дипломних проектів і магістерських робіт зі спеціальності 131 «Прикладна механіка».

1. Мета та завдання навчальної дисципліни

1.1. Мета навчальної дисципліни «Нові матеріали».

Метою навчальної дисципліни є формування у студентів здатностей розв'язання таких практичних задач:

- обґрунтований вибір оптимальних з точки зору механічних властивостей нових матеріалів для роботи в складних умовах;
- прогнозування зміни механічних властивостей та надійності деталей та елементів конструкцій при тривалій роботі в складних умовах (температура, кліматичні фактори тощо);
- експериментальне визначення практично важливих характеристик нових матеріалів для оцінки їх придатності для експлуатації в певних умовах.

1.2. Основні задачі навчальної дисципліни «Нові матеріали».

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти після засвоєння навчальної дисципліни мають продемонструвати такі результати навчання:

знання:

- структури та механічних властивостей конструкційних пластмас і композиційних матеріалів, методів експериментального їх визначення;
- методів розрахунків напружень і деформацій при різних видах навантаження об'єктів з в'язко-пружних матеріалів;
- прогнозування довготривалої міцності і повзучості пластмас.

3. Зміст навчальної дисципліни

Кредитний модуль 1.

Тема 1. Будова, структура та класифікація конструкційних полімерів

Основні поняття про конструкційні полімери. Будова полімерів та їх структурна класифікація. Класифікація полімерів за видом надмолекулярної структури, за загальною структурою макромолекул та за структурою основного ланцюга. Основні класи полімерів. Полімери з високими механічними показниками. Полімерні композиційні матеріали. Пластмаси з підвищеними теплостійкістю, нагрівостійкістю та низькими температурами крихкості.

Тема 2. Деформування полімерів при короткочасних навантаженнях

Структура і деформаційні властивості полімерів. Структура аморфних полімерів. Діаграми деформування полімерів у різних фізичних станах. Границі міцності при розтязі, стиску та згинанні; границі текучості або границі вимушеної еластичності; деформації під час руйнування та залишкові деформації. Залежність деформацій від температури. Механічні властивості кристалічних полімерів.

Тема 3. Повзучість та релаксація напружень полімерів

Механічні моделі в'язко-пружності. Загальні уявлення про релаксаційні процеси. Моделі Максвелла, Кельвіна-Фойгта, Бюргерса. Основні рівняння спадкової в'язко-пружності. Рівняння повзучості та релаксації напружень. Вибір функцій впливу. Повзучість та релаксація полімерів в температурних полях. Обґрунтування методу температурно-часової аналогії. Визначення функції Віл'ямса-Ландела-Феррі та побудова узагальнених кривих. Практичне застосування методу температурно-часової аналогії. Методи визначення коефіцієнтів рівнянь, що описують релаксацію напружень, повзучість і редеформацію полімерів. Розрахунок складових частин загальної деформації.

Тема 4. Особливості руйнування полімерних матеріалів.

Руйнування та довговічність полімерних матеріалів. Часові залежності міцності полімерів, рівняння Журкова. Вплив швидкості деформування на міцність ПМ. Критерій Бейлі. Практичне застосування рівняння Журкова та критерію Бейлі. Міцність анізотропних композиційних матеріалів.

Тема 5. Методи вимірювання характеристик міцності та пружності.

Загальні вимоги до методів випробувань. Терміни та основні визначення. Основні цілі випробувань. Основні види випробувань та класифікація обладнання. Основні параметри засобів випробувань. Загальні вимоги до зразків та технології їх виготовлення. Обладнання для вимірювання характеристик міцності та пружності. Випробування на міцність при короткочасних навантаженнях. Випробування матеріалів на розтяг. Побудова та обробка діаграм деформування. Характеристики міцності і пружності. Випробування матеріалів при стиску та згині. Визначення модулів пружності. Вимірювання твердості та ударної міцності.

Тема 6. Методи вимірювання в'язко-пружних характеристик.

В'язко-пружні характеристики полімерів. Обладнання для вимірювання повзучості та релаксації напружень. Побудова кривих повзучості та визначення областей лінійності в'язко-пружних властивостей. Визначення коефіцієнтів рівнянь температу-

рно-часової аналогії та побудова узагальнених кривих повзучості. Визначення коефіцієнтів рівнянь повзучості. Побудова кривих релаксації напружень. Визначення коефіцієнтів рівняння релаксації напружень. Властивості полімерів при динамічних навантаженнях. Загальні вимоги до проведення вимірювань характеристик вібрацій. Дослідження властивостей матеріалів та виробів динамічними методами. Обладнання для вимірювання динамічних характеристик матеріалів. Визначення динамічного модуля пружності та характеристик розсіювання енергії. Дослідження впливу температури на динамічні характеристики.

Тема 7. Методи вимірювання температурних характеристик. Експериментальне визначення температурних характеристик. Засоби для випробувань в умовах підвищених та знижених температур. Прилади для вимірювання температурних деформацій. Метод визначення коефіцієнтів лінійного теплового розширення. Методи вимірювання теплової усадки пластмас. Методи вимірювання температур розм'якшення. Методи визначення температур крижкості та морозостійкості.

Тема 8. Теплостійкість конструкційних полімерів.

Стійкість ПМ до дії температурних факторів. Вплив температури на механічні властивості. Температурні деформації та усадка. Методи дослідження теплового старіння. Теплове старіння різних типів полімерів. Практичне застосування методу прогнозування теплового старіння полімерів.

Тема 9. Кліматична стійкість полімерних матеріалів.

Зміна механічних характеристик під дією кліматичних факторів. Процеси, що відбуваються в полімерах під дією кліматичних факторів. Натурні методи дослідження кліматичного старіння. Старіння різних типів полімерів в натурних умовах. Прискорені методи дослідження кліматичного старіння полімерів. Практичне застосування методу прогнозування кліматичного старіння полімерів.

Тема 10. Застосування полімерів в медицині та вплив біологічних середовищ.

Сучасні засоби остеосинтезу та протезування. Остеосинтез та імплантація з використанням полімерів. Методи досліджень функціональної надійності засобів остеосинтезу. Використання полімерів для протезування. Методи визначення характеристик функціональної надійності засобів медичного призначення. Випробування нових засобів остеосинтезу застосуванням композиційних матеріалів.

5. Рекомендований перелік лабораторних робіт (комп'ютерних практикумів)

- Випробування матеріалів на розтяг. Побудова та обробка діаграм деформування. Статистична обробка результатів випробування. Теми 1, 2, 5; **(2 години)**
- Випробування матеріалів при стиску. Теми 1, 2, 5; **(1 година)**
- Випробування матеріалів при згині. Теми 1, 2, 5; **(1 година)**
- Дослідження впливу структури полімеру та наповнювача на міцносні та деформаційні характеристики матеріалів. Теми 1, 2, 5; **(1 година)**
- Дослідження впливу температури та швидкості навантаження на механічні властивості аморфних та кристалічних полімерів. Теми 1, 2, 4, 5, 7; **(2 години)**
- Визначення пружних та міцносних характеристик ортотропних матеріалів. Теми 1, 2, 5; **(1 година)**

- Побудова кривих повзучості. Визначення областей лінійності в'язко-пружних властивостей матеріалів при різних температурах. Теми 3, 6; **(2 години)**
- Експериментальне визначення коефіцієнтів рівнянь температурно-часової аналогії. Побудова узагальнених кривих повзучості. Теми 3, 6; **(2 години)**
- Визначення коефіцієнтів рівняння повзучості за узагальненою моделлю Кельвіна-Фойгта. Теми 3, 6; **(2 години)**
- Розрахунок параметрів інтегральних рівнянь в'язко-пружності. Теми 3, 6; **(1 година)**
- Побудова кривих релаксації напружень. Розрахунок коефіцієнтів рівняння релаксації за узагальненою моделлю Максвелла. Теми 3, 6; **(2 години)**
- Виготовлення дослідних зразків, визначення геометричних характеристик зразків та густини матеріалу. Теми 5, 6; **(2 години)**
- Визначення динамічного модуля пружності при поперечних коливаннях. Тема 6; **(1 година)**
- Визначення характеристик розсіювання енергії при поперечних коливаннях. Тема 6; **(1 година)**
- Визначення динамічних характеристик різних класів конструкційних пластмас. Теми 1, 6; **(1 година)**
- Вивчення впливу структури та умов зберігання на динамічні характеристики пластмас. Теми 1, 6; **(1 година)**
- Визначення динамічних характеристик композиційних анізотропних матеріалів. Теми 1, 6; **(1 година)**
- Вивчення впливу температури на динамічні характеристики пластмас. Теми 1, 6, 7; **(1 година)**
- Дослідження впливу температури на міцність конструкційних пластмас. Теми 1, 6, 7; **(2 години)**
- Визначення температурних деформацій конструкційних пластмас. Теми 7, 8; **(1 година)**
- Визначення температури розм'якшення пластмас. Теми 7, 8; **(1 година)**
- Визначення температури крихкості конструкційних пластмас та гум. Тема 7; **(1 година)**
- Вимірювання твердості конструкційних пластмас. Тема 5; **(1 година)**
- Вимірювання ударної міцності конструкційних пластмас. Тема 5; **(1 година)**
- Дослідження зміни механічних характеристик конструкційних пластмас при тривалій дії температури. Теми 8, 9; **(2 години)**
- Випробування засобів остеосинтезу, виготовлених з нових матеріалів. Тема 10; **(2 години)**

6. Рекомендовані індивідуальні завдання

Індивідуальні завдання у формі рефератів (додатків до протоколів лабораторних робіт) виконуються по таких темах:

Відомості про випробувані матеріали:

клас матеріалу (лінійний, сітчастий, наповнений тощо);

фазовий стан (кристалічний, аморфний, частково-кристалічний);

фізичний стан (склоподібний, високоеластичний та ін.);

області застосування;

методи отримання, режими обробки;

довідкові дані (границя міцності, максимальне видовження, модуль пружності, ударна в'язкість, температурні характеристики, густина, твердість та ін.)

7. Рекомендована література

Основна

1. Полімерні матеріали в ракетно - космічній техніці: Підручник / Є.О. Джур та ін. – К.: Вища освіта, 2003.
2. Нарисава И. Прочность полимерных материалов. – М.: Химия, 1987.
3. Колтунов М.А. Ползучесть и релаксация: Учебное пособие – М.: Высшая школа, 1976.
4. Кулезнева В.Н. Шершнева В.А. Химия и физика полимеров: Учебник – М.: Высшая школа, 1988.
5. Бегун П.И., Шукейло Ю.А. Биомеханика: Учебник – СПб.: Политехника, 2000
6. Павлов Н.Н. Старение пластмасс в естественных и искусственных условиях. – М.: Химия, 1982
7. **Нові матеріали. Частина 1: «Міцність і деформування полімерних та композиційних матеріалів при короткочасному навантаженні»** [Електронний ресурс]: практикум до лабораторних робіт для студентів спеціальності «Динаміка і міцність машин» / Уклад. Шидловський М.С., Шпак Д.Ю. – К.: НТУУ «КПІ», 2009. – 37с.
– Доступ: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/123>
8. **Нові матеріали. Частина 2: «В'язкопружні властивості полімерних та композиційних матеріалів при тривалому навантаженні»** [Електронний ресурс]: практикум до лабораторних робіт для студентів спеціальності «Динаміка і міцність машин» / Уклад. Шидловський М.С., Шпак Д.Ю. – К.: НТУУ «КПІ», 2009. – 45с.
– Доступ: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/124>
9. **Нові матеріали. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для студентів спеціальності «Динаміка і міцність машин» – Частина 3. «Динамічні властивості конструкційних пластмас та композиційних матеріалів».** Для студентів напряму підготовки 6.050501 «Прикладна механіка» [Електронний ресурс] / Уклад. Шидловський М.С., Бабенко А. Є., Боронко О. О., Трубочев С. І. – К.: НТУУ «КПІ», 2016. – 41 с.
– Доступ: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/16260>
10. **Нові матеріали. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт – Частина 4 «Температурні характеристики конструкційних пластмас та гум».** Для студентів спеціальності «Прикладна механіка», спеціалізації «Динаміка і міцність машин» та «Інформаційні системи та технології в авіабудуванні» / Уклад. Шидловський М.С., Бабенко А.Є., Боронко О.О., Трубочев С.І. // – К.: НТУУ "КПІ", 2017. – 85 с.
11. **Нові матеріали** [Електронний ресурс]: методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для студентів спеціальності «Динаміка і міцність машин» / Уклад. Шидловський М.С. – К.: НТУУ «КПІ», 2009. – 53с.
– Доступ: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/125>
12. **Нові матеріали** [Електронний ресурс]: методичні вказівки до виконання лабораторних робіт «Методи вимірювання характеристик міцності та пружності конструкційних пластмас та гум при короткочасному навантаженні» для студентів напряму підготовки 6.050501 «Прикладна механіка» / Уклад. Шидловський М.С., Шпак Д.Ю. – К.: НТУУ «КПІ», 2011. – 36 с.
– Доступ: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/1541>
13. **Нові матеріали** [Електронний ресурс]: методичні вказівки до виконання лабораторних робіт «Обладнання для випробувань конструкційних пластмас та гум

при короткочасному навантаженні» для студентів напрямку підготовки 6.050501 «Прикладна механіка», спеціальності «Динаміка та міцність машин» / Уклад. Шидловський М.С., Шпак Д.Ю., Тимошенко О.В. – К.: НТУУ «КПІ», 2012. –48 с.

– Доступ: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/1542>

14. Методи досліджень механічних властивостей матеріалів та виробів динамічними методами [Електронний ресурс]: практичний посібник для студентів напрямку підготовки 6.050501 «Прикладна механіка» / Уклад. Шидловський М.С., Боронко О.О., Шпак Д.Ю. НТУУ «КПІ» – К.: НТУУ «КПІ», 2014. – 81 с.

– Доступ: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/7794>

16. Нові матеріали: Методи вимірювання характеристик міцності та пружності конструкційних пластмас та гум при короткочасному навантаженні. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для студентів напряму підготовки 6.050501 "Прикладна механіки" – Електронний засіб навчального призначення НМУ № Е11/12-005 / Уклад. Шидловський М.С., Шпак Д.Ю. – К.: НТУУ "КПІ", 2011. –36 с.

17. Нові матеріали: Обладнання для випробувань конструкційних пластмас та гум при короткочасному навантаженні. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для студентів напряму підготовки 6.050501 "Прикладна механіки" – Електронний засіб навчального призначення НМУ № Е11/12-006 / Уклад. Шидловський М.С., Шпак Д.Ю., Тимошенко О.В. – К.: НТУУ "КПІ", 2011. –48 с.

Додаткова

18. Каменев В.И. и др. Применение пластических масс. – М.: Химия, 1985.

19. Калинин Э.Л., Саковцева М.Б. Выбор пластмасс для изготовления и эксплуатации изделий. – Л.: Химия, 1987.

20. Справочник по композиционным материалам (в 2-х томах). – М.: Машиностроение, 1988.

8. Засоби діагностики успішності навчання

Питання з семестрової атестації:

- Особливості структури полімерів. Різні способи класифікації полімерів.
- Основні класи полімерів та їх особливості.
- Полімери з підвищеними експлуатаційними характеристиками. Галузі використання різних пластмас.
- Структура аморфних полімерів. Конформаційні стани і особливості теплового руху молекул.
- Сутність в'язкопружності полімерів.
- Способи побудови і особливості термомеханічної кривої. Фізичні стани полімерів.
- Процес переходу полімерів в склоподібний стан.
- Особливості діаграм деформування аморфних полімерів.
- Процес переходу полімерів в крихкий стан.
- Структура кристалічних полімерів. Типи кристалічних утворень. Особливості руйнування.
- Загальна класифікація композиційних матеріалів. Основні види матриць і армуючих елементів.

- Класифікація композиційних матеріалів з волокнистими армуючими елементами.
 - Структура, властивості і застосування безперервних армуючих волокон.
 - Властивості композиційних матеріалів з полімерною матрицею.
 - Механічні моделі, що описують процеси повзучості в'язкопружних матеріалів.
 - Механічні моделі, що описують процеси релаксації напружень у в'язкопружних матеріалах.
 - Гіпотези Больцмана та їх застосування.
 - Опис повзучості за допомогою спадкових інтегральних рівнянь.
 - Опис релаксації напружень за допомогою спадкових інтегральних рівнянь.
 - Спадкові рівняння в'язкопружності у випадку складного напруженого стану.
 - Функції впливу в інтегральних спадкових рівняннях в'язкопружності та їх властивості.
 - Температурно-часова аналогія.
 - Врахування температури при використанні рівнянь в'язкопружності.
 - Прогнозування процесів повзучості методом ТЧА.
 - Температурно-часова аналогія та інші види аналогій.
 - Залежності міцності полімерів від тривалості дії навантаження і температури.
- Рівняння Журкова.
- Вплив характеру деформування на міцність полімерів. Критерій Бейлі.
 - Вплив навколишнього середовища на міцність полімерів. Методи прогнозування старіння полімерів.
 - Види анізотропії. Рівняння теорії пружності анізотропних матеріалів.
 - Окремі види анізотропії.
 - Теорії міцності анізотропних матеріалів.
 - Класифікація видів механічних випробувань матеріалів.
 - Основні типи випробувальної апаратури та вимоги до неї.
 - Загальні вимоги до зразків, порядок проведення випробувань та обробка результатів.
 - Основні вузли та принцип дії універсальних випробувальних машин.
 - Випробування матеріалів на розтяг. Побудова діаграм деформування та їх обробка.
 - Особливості випробувань матеріалів на розтяг, стиск та згин. Визначення модулів пружності.
 - Методи дослідження впливу експлуатаційних факторів (температура, швидкість навантаження та ін.) на механічні властивості матеріалів.
 - Особливості випробувань анізотропних матеріалів.
 - Основні вузли та принцип дії установок для дослідження повзучості матеріалів.
 - Способи вимірювання деформацій повзучості та обробка результатів (побудова кривих повзучості, визначення меж областей лінійності в'язкопружних властивостей).
 - Експериментальне визначення параметрів рівнянь повзучості для в'язкопружних матеріалів.
 - Експериментальне визначення параметрів рівнянь ТЧА. Побудова узагальнених кривих повзучості.
 - Побудова кривих релаксації напружень. Визначення параметрів рівнянь релаксації.
 - Методи визначення теплостійкості матеріалів. Методи вимірювання температури крихкості пластмас.

- Методи вимірювання твердості пластмас. Вимірювання характеристик матеріалів при ударних навантаженнях.

- Методи визначення динамічних модулів і характеристик розсіювання енергії при коливаннях.

11. Методичні рекомендації

Курс складається з лекцій, лабораторних робіт та самостійного вивчення окремих питань. При читанні лекцій основна увага приділяється вивченню найбільш складних питань дисципліни.

Лабораторні роботи направлені на поглиблення теоретичних знань. Самостійні заняття призначені для вивчення усієї програми дисципліни особливо у частині, що присвячена вивченню експериментальних методів досліджень нових матеріалів.

Для успішного засвоєння курсу слід передбачити тісний взаємозв'язок всіх видів занять - лекційних, практичних та індивідуальних. Теоретичний матеріал, викладений на лекційних заняттях є основою для вирішення інженерних завдань, що виконуються на лабораторних заняттях та під час виконання індивідуальних самостійних завдань. Це дозволяє поглибити знання з кожної теми.

Для того аби краще зрозуміти окремі положення дисципліни, широко використовуються натурні зразки нових матеріалів та виробів, виготовлених з пластмас та композитів. З метою вивчення дисципліни під час лекційних та практичних занять необхідно використовувати підручники, посібники, довідники, практикувати навички розв'язування реальних задач. Технічна література представлена на електронному ресурсі, в НТБ КПІ та на кафедрі ДММ та ОМ. Проведення індивідуального консультування відбувається протягом курсу навчання.

Положення про рейтингову систему оцінювання з кредитного модуля наводиться у додатку до робочої навчальної програми.

Програма складена на основі навчальної програми з опору матеріалів, затвердженої директором ММІ НТУУ «КПІ» Бобирем М.І.

Розробник програми кандидат технічних наук, доцент Шидловський М.С..

_____ (Шидловський М.С.)

Програму затверджено
кафедрою ДММ та ОМ

Протокол № __ від «__» _____ 2017 р.

В.о. завідувача кафедри

_____ А.Є. Бабенко