

МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ РОЗРОБЛЕННЯ СПЕЦКУРСУ «ТЕПЛОФІЗИЧНІ, РЕЛАКСАЦІЙНІ І МЕХАНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕТАЛОНАПОВНЕНИХ КОМПОЗИЦІЙ»

Василенко С.Л.,

кандидат фіз.-мат. наук, доцент,

Національний педагогічний університет імені М.П. Драгоманова,

Благодаренко Л.Ю.,

доктор пед. наук, доцент,

Національний педагогічний університет імені М.П. Драгоманова

У статті висвітлюються методичні основи розроблення спецкурсу для студентів фізичних спеціальностей педагогічних вищих навчальних закладів. Наведено модульну програму спецкурсу, визначено його мету та результати навчання.

В статье освещаются методические основы разработки спецкурса для студентов физических специальностей педагогических вузов. Приведена модульная программа спецкурса, определена его цель и результаты обучения.

The article highlights the methodological foundations of the development of special courses for students of physical specialties pedagogical universities. An application module specialized course, certainly his aim and learning outcomes.

Одним з ефективних шляхів підвищення якості навчально-виховного процесу з фізики у педагогічному вищому навчальному закладі є спрямування цілей навчання відповідно до вимог сучасної науки і техніки, потреб суспільства. Суттєва роль у розв'язанні цього завдання належить спецкурсам. Студенти мають можливість вибору спецкурсу відповідно до своїх інтересів і потреб, що забезпечує проектування власної освітньої траєкторії, а також професійне самовизначення. З урахуванням вищезазначених потреб вищої школи, ми пропонуємо спецкурс «Теплофізичні, релаксаційні і механічні характеристики металонаповнених композицій», побудований за модульною програмою, який може бути реалізований при вивченні курсу загальної фізики «Молекулярна фізика».

Метою статті є розроблення методичних основ впровадження у навчально-виховний процес із загальної фізики спецкурсу «Теплофізичні, релаксаційні і механічні характеристики металонаповнених композицій», побудованого за модульною програмою.

Модульна програма спецкурсу «Теплофізичні, релаксаційні і механічні характеристики металонаповнених композицій» (12 годин)

Пояснювальна записка

Спецкурс «Теплофізичні, релаксаційні і механічні характеристики металонаповнених композицій» розроблено з метою підвищення рівня фундаментальної підготовки майбутніх учителів фізики у процесі навчання загальної фізики. Специфічною особливістю даного спецкурсу є його професійно-діяльнісна орієнтація, спрямованість на ознайомлення студентів з елементами наукової діяльності в процесі вивчення загальної

фізики. Тема спецкурсу обрана не випадково, оскільки сьогодні важливим завданням вищої школи є спрямування вищих навчальних закладів на дослідницьку діяльність, а дослідження полімерних композицій є одним з найактуальніших прикладних наукових напрямів.

Метою проведення занять зі спецкурсу є:

- розвиток мислення студентів, формування в них умінь самостійно здобувати знання;
- забезпечення обізнаності у питаннях, пов'язаних з дослідженням полімерних композицій, підвищення якості засвоєння знань з курсу загальної фізики «Молекулярна фізика», їх поглиблення та підвищення рівнів навчальних досягнень;
- створення умов для розвитку пізнавального інтересу студентів та формування в них пізнавальної мотивації за рахунок науково-дослідницької спрямованості навчального матеріалу спецкурсу;
- розвиток професійно-ціннісних орієнтацій, становлення професійної позиції з урахуванням пізнавальних особливостей, мотивів, схильностей та інших особистісних якостей.

У процесі вивчення спецкурсу мають бути досягнуті такі результати:

- підвищено якість усвідомлення студентами і курсантами проблем дослідження полімерних композицій, засвоєння розділу загальної фізики «Молекулярна фізика»;
- забезпечено нерозривність процесів засвоєння фундаментальних фізичних і професійних знань;
- виховання ціннісного відношення до обраної професії, усвідомлення її значущості для суспільства;
- формування особистості, здатної до самореалізації у суспільстві.

Спецкурс розроблений за модульною програмою, що дозволяє реалізувати системно-періодично актуалізацію знань, набутих при вивченні попередніх модулів, забезпечує неперервність у засвоєнні знань, індивідуалізацію навчально-виховного процесу, що є необхідною умовою підготовки майбутніх учителів фізики, а також фахівців фізико-технічного профілю.

Зміст спецкурсу

Вступ

Модуль 1. Вплив типу дисперсного металу на релаксаційні характеристики металонаповнених систем на основі епоксидної смоли

Кількість навчальних годин - 3

1.1. Вплив типу металевого наповнювача на молекулярну рухливість і релаксаційні та теплофізичні характеристики систем на основі епоксидної та епоксиретанової смол.

1.2. Температурні залежності модуля пружності та тангенсу кута механічних втрат для металонаповнених композицій на основі епоксидної смоли.

1.3. Механічні характеристики металонаповнених систем

1.4. Поведінка епоксидної матриці в металонаповнених системах при наповненні різними типами металів.

Модуль 2. Вплив типу металевого наповнювача на релаксаційні характеристики наповнених систем на основі епоксиретанової смоли

Кількість навчальних годин - 2

2.1. Температурні залежності дійсної складової модуля пружності та тангенсу кута механічних втрат в діапазоні склування для композицій на основі епоксидуретанової смоли.

2.2. Взаємозв'язок між абсолютним значенням модуля пружності G' , величиною максимуму кута механічних втрат $\tan\delta$ та температурою максимуму T для металонаповнених композицій на основі епоксиретанової смоли ЕУС.

Модуль 3. Вплив типу наповнювача на теплофізичні та релаксаційні характеристики полімерних композицій на основі епоксидної смоли.

Кількість навчальних годин - 3

3.1. Температурні залежності питомої теплоємності композицій на основі епоксидної смоли.

3.2. Температурні параметри процесу склування композиційна основі епоксидної та епоксиретанової смол.

3.3. Термодинамічні та кінетичні характеристики склування композицій на основі епоксидної та епоксиретанової смол.

Модуль 4. Механічні та електричні властивості клейових з'єднань на основі металонаповнених систем.

Кількість навчальних годин - 3

4.1. Об'ємна електропровідність та міцність при нормальному відриві для композицій на основі ЕС та ЕУС.

4.2. Електропровідність клейових з'єднань композицій на основі ЕС та ЕУС

4.3. Залежності електричної провідності та адгезійної міцності клейових з'єднань від вмісту нікелю в композиціях на основі ЕУС.

Узагальнююче заняття

Кількість навчальних годин - 1

Пропонуємо методику проведення занять зі спецкурсу «Теплофізичні, релаксаційні і механічні характеристики металонаповнених композицій».

У вступі необхідно зазначити, що поєднання полімерів з наповнювачами дозволяє одержувати матеріали з новими технологічними чи експлуатаційними властивостями. Досягнення цих можливостей зв'язано з вибором типу наповнювача. Гетерогенність наповненої системи, в якій характеристики компонентів набагато розрізняються, обумовлює істотне розходження властивостей композиції і полімерної матриці. Введення в полімерну матрицю металевих дисперсних наповнювачів суттєво змінює електрофізичні характеристики таких композицій, зокрема надає їм електро- і теплопровідність. Електропровідні клеї і покриття на рідкій олігомерній основі з дисперсними металами

займають усе більш міцні позиції в сучасних технологіях. Найбільшу вагу в їх номенклатурі займають композиції на епоксидній основі. Область їхнього застосування визначається, в основному, електрофізичними параметрами і технологічністю використання.

Студентам також корисно знати: сьогодні недостатньо уваги приділяється вивченню взаємозв'язку структури таких систем, зокрема структури провідної фази, з електрофізичними властивостями металонаповнених композицій, що утруднює створення композицій з заданими електричними та фізико-механічними параметрами. Тому постає необхідність дослідження структурних особливостей формування металонаповнених епоксидних систем, вивчення взаємозв'язку їх гетерогенної структури з електричними і теплофізичними властивостями, знаходження закономірностей утворення провідної фази з дисперсного провідного компонента в залежності від параметрів металевого наповнювача, визначення електричних і теплофізичних характеристик композиційних систем, що вміщують різні типи металевих наповнювачів. Розв'язання цих питань носить не лише теоретичний характер, але має і велике практичне значення з метою розробки новітніх металополімерних матеріалів з програмованим комплексом їх властивостей.

Отже, для студентів має стати зрозуміло, що актуальність запропонованого для них спецкурсу полягає в розвитку підходів до вивчення процесів формування провідної фази в епоксидній матриці в залежності від типу металевого наповнювача та характеристик дисперсних частинок, зокрема з використанням принципу бімодального пакування, у встановленні особливостей процесів електро- та теплопереносу в таких гетерогенних системах, в дослідженні реологічної та механічної поведінки епоксидного олігомеру з вмістом різного типу металевих частинок, в знаходженні оптимального складу металополімерних систем, що забезпечують максимальну провідність та адгезію клейового з'єднання.

При вивченні *модуля 1* головним завданням є формування у студентів уяви про вплив типу металевого наповнювача на молекулярну рухливість і релаксаційні та теплофізичні характеристики систем на основі епоксидної та епоксиуретанової смол. Їх слід ознайомити із дослідженням температурної залежності дійсної складової модуля пружності G' і тангенса кута механічних втрат $\text{tg } \delta$ за допомогою вертикального крутильного маятника в діапазоні склування на композиціях, що вміщували приблизно однакові (0,23-0,28) об'ємні долі наповнювачів. Доцільно навести рисунки, на яких подані температурні залежності дійсної складової G' комплексного модуля пружності і тангенса кута механічних втрат $\text{tg } \delta$ для композицій ЕС, ЕС-Cu₂, ЕС-Ni, ЕС-Fe₁, отверджених при температурі 70 °С (343 К). Загальний вигляд кривих не відрізняється від класичного, коли в інтервалі склування композиції спостерігається екстремальна залежність $\text{tg } \delta$ при відповідному S-подібному зниженні модуля пружності. Однак поведінка систем з різними наповнювачами, при їх приблизно однакових об'ємних концентраціях суттєво відрізняється. Так, для ненаповненої полімерної матриці ЕС маємо достатньо потужний пік $\text{tg } \delta$ при відносно незначному температурному інтервалі. Важливо відмітити, що на піку $\text{tg } \delta$ відсутні рефлексії, що свідчать про неперервність часів релаксації. Це свідчить про досягнення практично повної конверсії епоксидної матриці. Абсолютні значення модуля пружності при 333 К дані в

таблиці 4.1 і є звичайним для такого типу полімеру та режиму його твердження. При цьому найменше значення G' спостерігається для композиції ЕС-Сu, а найбільше для ЕС-Ni. Підсумовуючи, слід зазначити, що приведені дані свідчать про принципово різну поведінку епоксидної матриці в металонаповнених системах при наповненні різними типами металів. Студенти мають засвоїти, що добавки наповнювачів найбільш активно впливають саме на дефектні ділянки, що призводить до додаткового ущільнення структури та впорядкованості. При цьому збільшується міжмолекулярна взаємодія і послаблюється молекулярна рухливість.

Головним методичним завданням викладача у процесі ознайомлення студентів із навчальним матеріалом *модуля 2* є висвітлення температурних залежностей дійсної складової модуля пружності та тангенсу кута механічних втрат в діапазоні склування для композицій на основі епоксиполіуретанової смоли, яка містить дисперсні металеві наповнювачі Cu₂, Ni, Fe₁. Це необхідно для того, щоб студенти зрозуміли, що поведінка систем з різними наповнювачами, при приблизно однакових концентраціях, досить суттєво відрізняється. Цікавими для студентів є також дані, які свідчать про формування полімерної матриці на основі смоли ЕУС з достатньо помітним розшаруванням на "м'яку" (низькотемпературну), головну та "жорстку" (високотемпературну) складові сегментального руху. Слід пояснити, що таке розшарування викликано не наявністю різного рівня тверднення однієї молекулярної структури, а присутністю сегментів різного молекулярного складу при конверсії близької до повної. Використовуючи відповідні рисунки, необхідно пояснити студентам, що на відміну від композицій на основі епоксидної смоли, модуль пружності та температура зсуву максимуму кута втрат зв'язані лінійною залежністю, тоді як взаємозв'язок модуля пружності та величини максимуму втрат є нелінійним. Це вказує на деякі відміни впливу типу металевої поверхні на структуру граничного шару та на молекулярну рухливість в матриці ЕУС, хоча в цілому взаємозв'язок між параметрами G' , $\tan \delta$ та T є подібним для обох систем. Отже, як висновок слід зауважити: дослідження релаксаційних процесів у системах на основі модифікованих епоксидних смол показує, що модифікація може кардинально впливати на релаксаційний спектр в області склування, тому ці процеси потребують детального вивчення. Студенти також мають засвоїти, що дослідження механізму тверднення епоксидних та епоксиполіуретанових композицій в присутності твердих дисперсних наповнювачів для детальної характеристики отриманої композиції потребує відповідного аналізу сегментального складу полімерної сітки в його складових, що забезпечує використання калориметричного методу.

Вивчення навчального матеріалу *модуля 3* доцільно розпочати з того, що відсутність дискретних рефлексів на динамічних механічних кривих, яким відповідали б окремі складові процесу склування в більшості композицій, на жаль, виключає визначення їх релаксаційних характеристик при зміні частоти механічного впливу, залишаючи таку можливість лише для головної складової. Разом з тим, використання методики дослідження, що базується на аналізі калориметричних кривих процесу склування, дозволяє визначити релаксаційні характеристики двох крайніх та головної складових навіть при неперервному спектрі часів релаксації. Доцільно навести температурні залежності питомої теплоємності композицій ЕС,

ЕС-Cu₂, ЕС-Ni, ЕС-Fe1 і пояснити студентами, що ці криві мають вигляд класичного стрибка теплоємності при склуванні з виразними значеннями початку та закінчення основного релаксаційного процесу. Аналізуючи релаксаційні характеристики складових процесу склування епоксидних композицій студенти за допомогою викладача мають зробити такі висновки: склування вихідної матриці ЕС близьке до гомогенного, що свідчить про досягнення конверсії, близької до повної; розшарування процесу склування системи ЕС-Cu₂ свідчить про слабкість взаємодії ЕС ↔ Cu₂ та неможливість, при даній концентрації наповнювача поширення впливу цієї взаємодії на весь об'єм полімерної матриці. Можливо це зв'язано з великим розміром частинок міді (Cu₂ має розмір близько 100 мкм), тобто з малою питомою поверхнею наповнювача; зростання активаційних та кооперативних характеристик дозволяє побудувати ряд наповнювачів Cu₂-Fe1-Ni, в якому зростає активність відповідного наповнювача.

Вивчення модуля 4 слід розпочати з такої інформації, що епоксидні композиції, наповнені металами, можуть використовуватися в різних сферах, наприклад як антикорозійні покриття, ґрунтувальні композиції, компаунди, антифрикційні матеріали. Проте найбільш перспективним є їх застосування як електропровідних клеїв. При цьому основними вимогами до таких композицій є як високий рівень електропровідності, так і високі значення адгезійної міцності. Саме тому значний інтерес представляє дослідження впливу використовуваних наповнювачів на процес формування клейової плівки і характеристики отриманих клейових з'єднань. Обов'язково слід порівняти дані, отримані для клейових з'єднань на основі наповнених ЕС та ЕУС і на підставі цього констатувати, що електропровідність вища для композицій ЕС, а адгезійна міцність з'єднань для композицій ЕУС. Це можна пояснити тим, що рівень внутрішніх напружень в композиціях ЕУС нижчий за рахунок еластифікації полімерної матриці, що досягається шляхом модифікації епоксидної смоли ЕС уретановим модифікатором. Необхідно зазначити, що вплив типу металевого наповнювача також узгоджується по даним механічних релаксаційних вимірювань та по визначенню адгезійної міцності клейових з'єднань. Також слід звернути увагу студентів на той факт, що адгезійна міцність з'єднань, які містять дисперсний Ni, набагато вища, ніж наповнених іншими металами. Подібний ефект пояснюється високою хімічною активністю карбонільного нікелю, що взаємодіє з епоксидною смолою і виконує роль додаткового отверджувача. Внаслідок такої взаємодії різко підвищується міцність з'єднання метал-полімер. Щодо електропровідності клейових з'єднань композицій на основі ЕС та ЕУС, то студенти мають знати, що вона має протилежну залежність від типу полімерної матриці – в композиціях на основі ЕС вона вища, ніж електропровідність наповнених композицій ЕУС. В основі цього ефекту є та ж сама причина – наявність внутрішніх напружень в більш жорсткій матриці ЕС, які обумовлюють дію стискаючих зусиль між частинками наповнювача. Це покращує якість контактів між провідними частинками і у підсумку підвищує електропровідність.

Під час проведення *узагальнюючого заняття* доцільно провести тестовий контроль за завданнями, розробленими за навчальним матеріалом спецкурсу, оскільки такі завдання розвивають у студентів уміння формулювати логічні пояснення. Під час проведення

узагальнюючого заняття необхідно також здійснити аналіз і оцінювання успішності досягнення цілей спецкурсу окремими студентами та всією академічною групою, закріпити позитивну мотивацію студентів до вивчення курсу загальної фізики та науково-дослідної діяльності.

Отже, можна зробити такий **висновок**: вивчення спецкурсу «Теплофізичні, релаксаційні і механічні характеристики металонаповнених композицій» дозволяє ознайомити студентів з умовами формування структури металонаповнених композицій на основі смол епоксидного типу та її впливу на електричні, теплофізичні, механічні та реологічні властивості таких систем. Очевидно, що засвоєння навчального матеріалу запропонованого спецкурсу сприятиме активізації мотиваційних процесів студентів до вивчення курсу загальної фізики, а також дозволить ознайомити їх із сучасними методами досліджень у галузі створення і використання полімерних композицій.

Список використаної літератури

1. Благодаренко Л.Ю. Факультативні курси – важливий компонент фізичної освіти в основній школі / Л.Ю. Благодаренко // Науковий часопис НПУ ім. М.П. Драгоманова. Серія № 5. Фізика і математика у вищій і середній школі: Збірник наукових праць. – К.: НПУ імені М.П. Драгоманова, 2010. – Випуск 23. – С. 25-31.
2. Василенко С.Л., Січкарь Т.Г., Шут М.І. Вплив типу наповнювача на теплофізичні та релаксаційні характеристики композицій на основі епоксидної смоли // Фізика конденсованих високомолекулярних систем.- 2004.- Вип.10.- С.93-95.
3. Василенко С.Л. Теплофізичні і механічні властивості композицій на основі суміші епоксидних олігомерів // Фізика конденсованих високомолекулярних систем.- 1998.- Вип.6.- С.47-48.