

# КАФЕДРА МЕХАНИКИ КОМПОЗИТОВ

Специальный курс по выбору студента

## «Теория вязкоупругости» (Theory of viscoelasticity)

½ года, экзамен

Лектор: научный сотрудник В.В. Вакулук

В курсе даются краткие исторические сведения, введение по операторам и специальным функциям, дробному интегро-дифференцированию. Приводится построение определяющих соотношений исходя из механических моделей. Приводятся общие линейные и нелинейные интегральные соотношения с различными типами ядер. Обращается внимание на особенности, связанные с большими деформациями, нелинейностью, старением. Учёт зависимости от температуры.

### Программа курса

1. Оператор дифференцирования по времени. Обратный оператор. Замена переменных. Интегрирование по частям. Функция Хевисайда. Дельта-функция Дирака.
2. “Наивные” модели. Пружинка и поршень. Их комбинации. Общий вид записи линейных определяющих соотношений в вязкоупругости. Ядра ползучести и релаксации разностного типа. Их взаимнообратность. Функции ползучести и релаксации. Их взаимнообратность и связь с ядрами ползучести и релаксации.
3. Модель Фойгта. Модель Максвелла. Трёхэлементные модели. Четырёхэлементное стандартное тело. Связные модели из  $M$  пружинок и  $N$  поршеньков. Дифференциальная и интегральная запись определяющих соотношений. Экспериментальное определение функций ползучести и релаксации.
4. Дробный интеграл Римана-Лиувилля. Дробная производная. Основные свойства. Дробный высокоэластический spring-pot элемент. Обобщения моделей на случай использования элементов нецелого порядка.
5. Мгновенное и предельное поведение вязкоупругих тел. Линейность и нелинейность определяющих соотношений в вязкоупругости. Ступенчатый процесс напряжения. Обратная ползучесть.
6. Циклические процессы нагружения. Отставание деформаций по фазе. Установившиеся колебания. Комплексный модуль и комплексная податливость.
7. Операторы неразностного типа. Их взаимнообратность. Стареющие материалы. Экспериментальное определение ядер неразностного типа. Инвариантность операторов относительно сдвига по времени. Коммутативность операторов.
8. Определяющие соотношения трёхмерной теории вязкоупругости. Операторный формализм. Оператор Пуассона. Оператор "жэ-бетта" Ильюшина и его свойства.
9. Постановки квазистатической и динамической задач для изотропной среды. Принцип Вольтерры. Расшифровка операторов. Примеры решения задач вязкоупругости на основе имеющихся решений задач теории упругости.
10. Метод аппроксимаций Ильюшина. Метод Победри численной реализации упругого решения. Преобразование Лапласа-Карсона и его свойства. Теорема о свёртке. Обратное преобразование.
11. Нелинейные теории вязкоупругости. Ядра релаксации  $n$ -ого порядка.  $N$ -кратные теории. Главная квазилинейная теория вязкоупругости. Главная квадратичная по девиаторам теория вязкоупругости. Условие взаимности.
12. Общее представление Победри нелинейных определяющих соотношений в вязкоупругости. Экспериментальное определение ядер. Трёхмерный случай.
13. Зависимость материальных функций от температуры. Температурно-временная аналогия.