

Белорусский государственный университет

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе и
образовательным инновациям

О.И. Чуприс
« 9 » _____ 2018 г.
Регистрационный № УД-5420 /уч.



НЕКЛАССИЧЕСКИЕ ТЕОРИИ ТОНКИХ ОБОЛОЧЕК

**Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности второй ступени высшего
образования (магистратуры) с углубленной подготовкой специалиста**

1-31 80 04 Механика

Минск, 2018

Учебная программа составлена на основе ОСВО 1-31 80 04-2012 (26.05.2017 г.) и учебного плана № G31-267/уч. (26.05.2017 г.) для специальности 1-31 80 04 Механика

СОСТАВИТЕЛЬ:

Михасев Геннадий Иванович – Заведующий кафедрой био- и наномеханики Белорусского государственного университета, доктор физико-математических наук, профессор

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой био- и наномеханики
(протокол № 10 от 28.05.18)

Научно-методическим Советом Белорусского государственного университета
(протокол № 6 от 16.06.2018 _____)

Михасев Г.И.

Левина

[Signature]

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Составляющими элементами многих инженерных конструкций и сооружений являются тонкие упругие балки, пластины и оболочки и, в частности, слоистые композитные тонкостенные конструкции. Использование подобных элементов в современной инженерной практике обусловлено, с одной стороны, их относительной легкостью, а с другой стороны – достаточной прочностью (за счет выбора оптимальной толщины). В случае проектирования слоистых элементов конструкций необходимым является учет поперечных сдвигов, учет которых в рамках теорий тонких оболочек может быть обеспечен путем введения соответствующих кинематических гипотез (например, гипотез Тимошенко, гипотезы ломанной кривой для сэндвич пластин и оболочек и т.д.). В соответствии с выбранными гипотезами строятся различные неклассические теории тонких оболочек.

Учебная дисциплина «Неклассические теории тонких оболочек» относится к циклу дисциплин специальной подготовки (дисциплинам по выбору) и адресована магистрантам 1-го года обучения по специальности 1-31 80 04 Механика механико-математического факультета Белорусского государственного университета.

Целью дисциплины является изучение основ неклассических теорий тонких оболочек.

Задачами дисциплины «Неклассические теории тонких оболочек» являются:

- ✓ Формирование у студентов основных понятий неклассических теорий оболочек;
- ✓ Формирование у студентов понятия краевых задач, описывающих колебания и устойчивости тонких оболочек;

Связь с другими дисциплинами. Программа дисциплины «Механика наноразмерных структур» составлена с учетом межпредметных связей и программ по смежным дисциплинам. Ее изучение базируется на знаниях дисциплин «Механика сплошной среды» и «Физика».

В результате изучения дисциплины обучаемый должен

знать:

- предмет теории тонких оболочек;
- основные гипотезы неклассических теорий тонких оболочек, учитывающих поперечные сдвиги;
- основные гипотезы теории эквивалентной однослойной оболочки для многослойных оболочек;
- уравнения колебаний и устойчивости тонких оболочек в рамках различных теорий;
- основы нелокальной теории тонких наноразмерных оболочек;
- методы решения краевых задач на собственные значения;
- использование асимптотических методов при исследовании колебаний и устойчивости тонких оболочек.

уметь:

- рассчитывать напряжения в тонкостенных оболочках с учетом сдвигов;

- находить собственные значения краевых задач, описывающих колебаний и устойчивость тонкостенных оболочек, на основе неклассических теорий;

- уметь пользоваться асимптотическими методами для оценки собственных частот и критических нагрузок тонкостенных оболочек.

владеть:

- навыками работы с современными программными средствами численного решения математических и прикладных задач механики деформирования тонкостенных оболочек.

Преподавание данной дисциплины должно строиться таким образом, чтобы обучающийся приобретал следующие академические и профессиональные компетенции:

- АК-1. Осуществлять самостоятельную научно-исследовательскую деятельность;

- АК-2. Использовать междисциплинарный подход при решении поставленных проблем;

- АК-3. Применять технические устройства и компьютеры, пакеты прикладных программ и средства компьютерной графики для решения профессиональных задач;

- ПК-1. Квалифицированно проводить научные исследования в области механики тонкостенных оболочек;

- ПК-2. Взаимодействовать со специалистами смежных профилей.

Также подлежат развитию социально-личностные компетенции:

- СЛК-1. К сотрудничеству и работе в команде;

- СЛК-2. Владению коммуникативными способностями для работы в междисциплинарной и международной научной среде;

- СЛК-3. Проявлять инициативу и креативность, в том числе в нестандартных ситуациях, возникающих при решении поставленных задач;

- СЛК-4. Адаптироваться к новым ситуациям социально-профессиональной деятельности, реализовывать накопленный опыт, свои профессиональные возможности.

Дисциплина «Неклассические теории тонких оболочек» изучается магистрантами во 2 семестре 1-го года очной формы обучения.

В соответствии с учебным планом специальности на изучение дисциплины всего отводится 146 часов, в том числе 46 часов аудиторных занятий; из них 18 часов – лекции, 28 часов – лабораторные занятия. Текущая аттестация – экзамен.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Тема 1. Уравнения колебаний и устойчивости тонких оболочек

Уравнения движения тонких упругих изотропных оболочек. Граничные условия. Уравнения безмоментной теории тонких упругих оболочек. Уравнения устойчивости тонких упругих оболочек. Уравнения технической теории тонких оболочек. Уравнения колебаний и устойчивости предварительно напряженной цилиндрической оболочки.

Тема 2. Теория трехслойных балок, пластин и оболочек, основанная на гипотезе ломанной кривой.

Гипотезы ломаной кривой. Уравнения движения балок. Уравнения колебаний круглых и прямоугольных пластин. Уравнения движения цилиндрических сэндвичеподобных оболочек.

Тема 3. Теория многослойных оболочек Григолюка-Куликова

Обобщенные кинематические гипотезы Тимошенко. Приведенные перемещения и усилия в срединной поверхности. Эквивалентные модули упругости. Эквивалентная теория однослойной оболочки. Уравнения движения многослойной оболочки в перемещениях с учетом сдвигов. Граничные условия с учетом наличия/отсутствия диафрагм на краях. Уравнения технической теории многослойных оболочек. Уравнения движения многослойных оболочек, содержащих магнитореологические (электрореологические) композиты. «Интеллектуальные» тонкостенные конструкции с изменяемыми вязкоупругими параметрами.

Тема 4. Теория наноразмерных тонкостенных элементов, основанная на двухфазной нелокальной теории упругости

Закон двухфазной нелокальной теории упругости. Интегро-дифференциальные уравнения движения балок, пластин и оболочек, основанные на нелокальной теории упругости. Дополнительные граничные условия, учитывающие нелокальные краевые эффекты.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА

Номер раздела	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов по УСР	Формы контроля знаний
		лекции	практические занятия	семинарские занятия	лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Тема 1. Уравнения колебаний и устойчивости тонких оболочек.	4			6			Собеседование
1.1	Уравнения движения тонких упругих изотропных оболочек. Граничные условия.							
1.2	Уравнения безмоментной теории тонких упругих оболочек.. Уравнения технической теории тонких оболочек.							
1.3	Уравнения устойчивости тонких упругих оболочек. Уравнения колебаний и устойчивости предварительно напряженной цилиндрической оболочки.							
2	Тема 2. Теория трехслойных балок, пластин и оболочек, основанная на гипотезе ломанной кривой.	4			6			Собеседование
2.1	Гипотезы ломаной кривой. Уравнения движения балок. Граничные условия Свободные и вынужденные колебания сэндвич-балок							

2.2	Уравнения колебаний круглых и прямоугольных пластин. Граничные условия. Свободные колебания. Эффект поперечных сдвигов								
2.3	Уравнения движения цилиндрических сэндвич-оболочек. Граничные условия. Свободные колебания шарнирно-опертых оболочек								
3	Теория многослойных оболочек Григолюка-Куликова	6	10					Отчет по аудиторным практическим упражнениям с их устной защитой	
3.1	Обобщенные кинематические гипотезы Тимошенко. Приведенные перемещения и усилия в срединной поверхности.								
3.2	Эквивалентные модули упругости. Эквивалентная теория однослойной оболочки. Уравнения движения многослойной оболочки в перемещениях с учетом сдвигов. Граничные условия с учетом наличия/отсутствия диафрагм на краях.								
3.3	Уравнения технической теории многослойных оболочек. Свободные колебания. Потеря устойчивости. Влияние сдвигов и диафрагм на краях оболочки на собственные частоты и критические нагрузки								
3.4	Уравнения движения многослойных оболочек, содержащих магнитоэологические (электрореологические) композиты.								

	«Интеллектуальные» тонкостенные конструкции с изменяемыми вязкоупругими параметрами. Влияние магнитного поля на спектр собственных частот.									
3.5	Вынужденные колебания. Амплитудно-частотная характеристика. Гашение колебаний магнитным полем.									
4	Тема 4. Теория наноразмерных тонкостенных элементов, основанная на двухфазной нелокальной теории упругости	4					6			Отчет по домашним практическим упражнениям с их устной защитой
4.1	Закон двухфазной нелокальной теории упругости. Интегро-дифференциальные уравнения движения балок, пластин и оболочек, основанные на нелокальной теории упругости. Дополнительные граничные условия, учитывающие нелокальные краевые эффекты.									
4.2	Моделирование продольных колебаний наноразмерного стержня (НС) с использованием двухфазной нелокальной теории упругости (ДНТУ). Эквивалентное дифференциальное уравнение продольных колебаний НС, дополнительные краевые условия. Краевые эффекты.									
4.3	Свободные колебания наноразмерной цилиндрической оболочки с учетом нелокальных краевых эффектов									
	Всего по курсу	18					28			

ИНФОРМАЦИОННАЯ ЧАСТЬ

Основная литература

1. Григолюк Э.И., Куликов Г.М. Многослойные армированные оболочки. – М.: Машиностроение, 1988.-288с.
2. Михасев Г.И., Товстик П.Е. Локализованные колебания и волны в тонких оболочках. Асимптотические методы. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. -292с.
3. Mikhasev, G.I. Some Problems on Localized Vibrations and Waves in Thin Shells. In : Altenbach H., Eremeev, V (eds.). Shell-like Structures. Advanced Theories and Applications. - Springer.-2017. - P.149-209.
4. Mikhasev G., Botogova M., Korobko E. Theory of Thin Adaptive Laminated Shells Based on Magnetorheological Materials and its Application in Problems on Vibration Suppression. In book “Shell-like Structures”, Ser. “Advanced Structured Materials”(Eds. H. Altenbach and V. Eremeyev), Vol. 15. Chapter 48. - Springer. -2011, - P. 727-750.
5. Mikhasev G., Avdeichik E., Prikazchikov D. Free vibrations of nonlocally elastic rods. Mathematics and Mechanics of Solids. – 2018.- DOI: 10.1177/1081286518785942.

Дополнительная литература

6. Reddy J.N. Mechanics of Laminated Composite Plates and Shells: Theory and Analysis. – CRC Press, New York.-2009.
 7. Горшков А.Г., Старовойтов Э.И., Яровая А.В. Механика слоистых вязкоупругопластических элементов конструкций. – М. ФИЗМАТЛИТ, 2005. – 576.
- Shell and Membrane Theories in Mechanics and Biology. From Macro- to Nanoscale Structures. (H. Altenbach, G.I. Mikhasev Editors). Advanced Structured Materials. V. 45. – Springer.- 2015

ПЕРЕЧЕНЬ ИСПОЛЬЗУЕМЫХ СРЕДСТВ ДИАГНОСТИКИ РЕЗУЛЬТАТОВ УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Диагностика результатов учебной деятельности по дисциплине «Неклассические теории тонких оболочек» проводится, как правило, во время аудиторных занятий. Для диагностики используются:

- отчеты по аудиторным практическим упражнениям с их устной защитой;
- отчеты по домашним практическим упражнениям с их устной защитой;
- собеседования.

Контрольные мероприятия проводятся в соответствии с учебно-методической картой дисциплины.

Для студентов, пропустивших контрольные мероприятия или получивших неудовлетворительную оценку, решение о повторном проведении контрольного мероприятия выносится в соответствии с положением о рейтинговой системе оценки знаний студентов по дисциплине в Белорусском государственном университете.

МЕТОДИКА ФОРМИРОВАНИЯ ИТОГОВОЙ ОЦЕНКИ

Полученные студентом количественные результаты учитываются как составная часть итоговой оценки по дисциплине в рамках рейтинговой системы.

Итоговая оценка формируется на основе трех документов:

- 1) Постановления министерства образования республики Беларусь от 29 мая 2012г. № 53 об утверждении Правил проведения аттестации студентов, курсантов, слушателей при освоении содержания образовательных программ высшего образования;
- 2) Положения о рейтинговой системе оценки знаний по дисциплине в Белорусском государственном университете № 382-ОД от 18.08.2015г.;
- 3) Письма министерства образования ректорам высших учебных заведений Республики Беларусь № 21-04-1/105 от 22.12.2003 о критерии оценки знаний и компетенции студентов по 10-бальной шкале.

**ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ
ПО ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ
С ДРУГИМИ ДИСЦИПЛИНАМИ СПЕЦИАЛЬНОСТИ**

[illegible]

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ
ПО ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ
на ____ / ____ учебный год

№п	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры
(протокол № ____ от _____ 201 г.)

Заведующий кафедрой

Д.ф.-м.н., профессор

(степень, звание)

(подпись)

Г.И. Михасев

(И.О.Фамилия)

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета

К.ф.-м.н., доцент

(степень, звание)

(подпись)

Д.Г. Медведев

(И.О.Фамилия)