

Государственное учреждение высшего профессионального образования
«Белорусско-Российский университет»

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор Белорусско-
Российского университета

М.Е. Лустенков

«30» 06 2016 г.

Регистрационный № УД-230302/57 ВДВЗ/р

ОСНОВЫ ТЕОРИИ УПРУГОСТИ

(наименование дисциплины)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Направление подготовки 23.03.02 Наземные транспортно-технологические комплексы

Направленность (профиль) Подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование

Квалификация Бакалавр

	Форма обучения
	Очная
Курс	2
Семестр	4
Лекции, часы	16
Практические занятия, часы	
Лабораторные занятия, часы	34
Курсовая работа, семестр	
Курсовой проект, семестр	
Зачёт, семестр	4
Экзамен, семестр	
Контактная работа по учебным занятиям, часы	50
Контролируемая самостоятельная работа, тип/семестр	
Самостоятельная работа, часы	58
Всего часов / зачетных единиц	108/3

Кафедра-разработчик программы: Транспортные и технологические машины
(название кафедры)

Составитель: О.В. Леоненко, доцент, канд. техн. наук, доцент
(И.О. Фамилия, ученая степень, ученое звание)

Рабочая программа составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 23.03.02 Наземные транспортно-технологические комплексы (уровень бакалавриата), утвержденным приказом № 162 от 06.03.2015 г., учебными планами рег. № 230302-1, № 230302-2, утвержденными 26.02.2016 г.

Рассмотрена и рекомендована к утверждению кафедрой «Транспортные и технологические машины»

«16» 04 2016 г., протокол № 9.

Зав. кафедрой  И.В. Лесковец

Одобрена и рекомендована к утверждению Президиумом научно-методического совета Белорусско-Российского университета

«29» июня 2016 г., протокол № 5.

Зам. председателя Президиума научно-методического совета



А.Д. Бужинский

Рецензент:

Максим Эдуардович Подымако, ведущий инженер-конструктор бюро надежности отдела перспективных разработок ОАО "Могилёвлифтмаш"

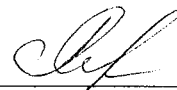
Рабочая программа согласована:

Зав. справочно-библиографическим отделом



Л.А. Астекалова

Начальник учебно-методического отдела



О.Е. Печковская

28.06.16.

1 ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

1.1 Цель учебной дисциплины

Целью учебной дисциплины является приобретение студентами знаний в области формирования напряженного состояния, деформации тел под воздействием внешних нагрузок и внутренних напряжений, для решения с помощью аналитических и численных методов задач теории упругости.

1.2 Планируемые результаты изучения дисциплины

Студент, изучивший дисциплину, должен

знать:

- основные уравнения теории упругости и положения механики деформируемого тела;
- основные соотношения плоской задачи теории упругости в декартовой и полярной системах координат;
- приближенные (численные и аналитические) методы решения задач.

уметь:

- решать плоские задачи теории упругости различными методами;
- проводить типовые расчеты и определять вид напряженного состояния тела;
- формировать граничные условия для численных методов решения.

владеть:

- аналитическими методами определения напряжений, деформаций и перемещений в балках, пластинах;
- инструментарием приближенных методов при решении основных задач теории упругости.

1.3 Место учебной дисциплины в системе подготовки студента

Дисциплина относится к блоку 1 «Дисциплины (модули)» (вариативная часть дисциплины по выбору)).

Перечень учебных дисциплин, изучаемых ранее, усвоение которых необходимо для изучения данной дисциплины:

- математика;
- физика.

Перечень учебных дисциплин (циклов дисциплин), которые будут опираться на данную дисциплину:

- строительная механика и металлические конструкции;
- строительные и дорожные машины.

Кроме того, результаты изучения дисциплины используются в ходе практики и при подготовке выпускной квалификационной работы.

1.4 Требования к освоению учебной дисциплины

Освоение данной учебной дисциплины должно обеспечивать формирование следующих компетенций:

Коды формируемых компетенций	Наименования формируемых компетенций
ПК-1	Способность в составе коллектива исполнителей участвовать в выполнении теоретических и экспериментальных научных исследований по поиску и проверке новых идей совершенствования наземных транспортно-технологических машин, их технологического оборудования и создания комплексов на их базе.
ПК-4	Способность в составе коллектива исполнителей участвовать в разработке конструкторско-технической документации новых или модернизируемых образцов наземных транспортно-технологических машин и комплексов.

2 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Вклад дисциплины в формирование результатов обучения выпускника (компетенций) и достижение обобщенных результатов обучения происходит путём освоения содержания обучения и достижения частных результатов обучения, описанных в данном разделе.

2.1 Содержание учебной дисциплины

Номер тем	Наименование тем	Содержание	Коды формируемых компетенций
1	Введение	История становления. Постановка задачи. Теории упругости и пластичности. Допущения. Нагрузки и напряжения. Тензор напряжений	ПК-1, ПК-4
2	Главные напряжения	Инварианты тензора напряжений. Шаровой тензор и девиатор напряжений. Интенсивности касательных и нормальных напряжений. Тензор деформаций. Главные деформации. Шаровой тензор и девиатор деформаций. Инварианты тензора деформаций. Интенсивности деформаций сдвига и продольных деформаций	ПК-1, ПК-4
3	Структура основных уравнений теории упругости	Структура основных уравнений теории упругости. Статические уравнения теории упругости. Частный дифференциал напряжений. Парность касательных напряжений. Статические уравнения в матричной форме. Матрица операторов дифференцирования. Уравнения граничных условий. Матрица направляющих косинусов для нормали элементарной поверхности нагруженного тела. Геометрические уравнения теории упругости. Частные дифференциалы перемещений точки тела. Продольные и сдвиговые деформации. Геометрические уравнения в матричной форме. Физические уравнения теории упругости для линейно деформированного тела. Связь модуля сдвига с модулем Юнга и коэффициентом Пуассона для изотропного материала. Закон Гука в прямой форме. Матрица податливости материала. Закон Гука в обратной форме. Матрица жёсткости материала. Обобщённый закон Гука для слабо сжимаемых сред. Модуль объёмной деформации тела. Обобщённый закон Гука для ортотропного тела.	ПК-1, ПК-4
4	Точные методы решения задач теории упругости	Прямая и обратная задачи теории упругости. Алгоритм решения обратной задачи. Проблема решения прямой задачи. Метод напряжений. Гармонические операторы Гамильтона и Лапласа. Уравнения Мичелла. Метод перемещений. Параметр Ламе. Полуобратный метод Сен-Венана. Применение метода Сен-Венана для решения задачи о кручении стержня с эллиптическим поперечным сечением. Относительный угол закручивания стержня. Коэффициент жёсткости стержня. Принцип Сен-Венана.	ПК-1, ПК-4
5	Вариационная формулировка задачи теории упругости	Энергия деформированного тела. Функционал энергии деформированного тела. Потенциальная энергия деформации тела. Энергия внешних сил. Плотность энергии деформации. Потенциал поверхностной нагрузки. Вариационный принцип Лагранжа. Вариации функционала. Экстремум и экстремали функционала. Метод Ритца для решения	ПК-1, ПК-4

		задачи теории упругости. Обобщённые перемещения. Базисные функции форм деформации тела. Метод Ритца для нелинейно-деформированного тела. Принцип Кастильяно. Дополнительная энергия деформации тела. Использование принципа Кастильяно при решении задач для многоконтурных тел. Общий вариационный принцип.	
6	Классификация приближённых методов	Методы решения краевой задачи в дифференциальной форме. Прямые методы решения краевой задачи. Связь между развитием ЭВМ и приближёнными методами решения задач теории упругости. Метод конечных разностей. Проблемы практического использования метода конечных разностей для решения задач теории упругости.	ПК-1, ПК-4
7	Общие понятия метода конечных элементов	Реализация метода конечных элементов в современных программных комплексах обеспечивающих работу конструктора. Примеры программного обеспечения и их классификация. Типы решаемых задач с помощью МКЭ. Методы управления качеством конечно-элементной сетки. Алгоритмы оценки качества конечно-элементной сетки, валидация результата.	ПК-1, ПК-4

2.2 Учебно-методическая карта учебной дисциплины

№ недели	Лекции (наименование тем)	Часы	Практические (семинарские) занятия	Часы	Лабораторные занятия	Часы	Самостоятельная работа, часы	Форма контроля знаний	Баллы (max)
Модуль 1									
1	1. Введение	2			Л. р. 1 Изучение основных допущений модели деформируемого тела в теории упругости. Изучение интерфейса Simulation и реализация принципов теории упругости при решении задач методом конечных элементов.	2	3	ЗЛР	4
2					Л. р. 2 Проведение исследования напряженно-деформированного состояния балки	2	3	ЗЛР	4
3	2. Главные напряжения	2			Л.р. 3 Исследования напряженно-деформированного состояния балки	2	3	ЗЛР	4
4					Л.р. 4 Статическое исследование напряженно-деформированного состояния детали. Исследование объемного напряженного состояния объекта.	2	3		
5	3. Структура основных уравнений теории упругости	2			Л.р. 4 Статическое исследование напряженно-деформированного состояния детали. Исследование объемного напряженного состояния объекта.	2	3	ЗЛР	4
6					Л.р. 5 Проведение линейного статического исследования напряженно-деформированного состояния детали. Определение главных напряжений в детали аналитическими методами.	2	3	ЗЛР	4
7	3. Структура основных уравнений теории упругости	2			Л.р. 6 Проведение линейного статического исследования напряженно-деформированного состояния детали на примере	2	3	ЗЛР	4

				балочных элементов.				
8				Л.р. 7 Проведение линейного статического исследования напряженно-деформированного состояния детали на примере плоских элементов.	2	3	КР ЗЛР ПКУ	2 4 30
Модуль 2								
9	4. Точные методы решения задач теории упругости	2		Л.р. 8 Проведение исследования оценки напряженно-деформированного состояния пластин.	2	3	ЗЛР	4
10				Л.р. 9 Закрепление теоретических знаний и практических навыков исследования напряжений в точке используя формулы теории упругости.	2	3		
11	5. Вариационная формулировка задачи теории упругости	2		Л.р. 9 Закрепление теоретических знаний и практических навыков исследования напряжений в точке используя формулы теории упругости.	2	4		
12				Л.р. 9 Закрепление теоретических знаний и практических навыков исследования напряжений в точке используя формулы теории упругости.	2	4	ЗЛР	4
13	6. Классификация приближенных методов	2		Л.р. 10 Закрепление теоретических знаний и практических навыков по структуре основных уравнений теории упругости.	2	4		
14				Л.р. 10 Закрепление теоретических знаний и практических навыков по структуре основных уравнений теории упругости.	2	4	ЗЛР	4
15	7. Общие понятия метода конечных элементов	2		Л.р. 11 Использование метода конечных элементов применительно программному обеспечению SW Simulation.	2	4	ЗЛР	4
16				Л.р. 12 Выбор рационального сечения главной балки мостового крана (однобалочного) с использованием метода конечных элементов.	2	4		
17				Л.р. 12 Выбор рационального сечения главной балки мостового крана (однобалочного) с использованием метода конечных элементов	2	4	КР ЗЛР ПКУ ПА (зачет)	10 4 30 40
	Итого	16			34	58		100

Принятые обозначения:

Текущий контроль –

КР – контрольная работа;

ЗЛР – защита лабораторных работ;

ПКУ – промежуточный контроль успеваемости.

ПА - Промежуточная аттестация.

Итоговая оценка определяется как сумма текущего контроля и промежуточной аттестации и соответствует баллам:

Зачет

Оценка	Зачтено	Не зачтено
Баллы	51-100	0-50

3 ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При изучении дисциплины используется модульно-рейтинговая система оценки знаний студентов. Применение форм и методов проведения занятий при изучении различных тем курса представлено в таблице.

№ п/п	Форма проведения занятия	Вид аудиторных занятий			Всего часов
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	
1	Мультимедиа	№1–№7			16
2	С использованием ЭВМ			№1– №12	34
	ИТОГО	16		34	50

4 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА

Используемые оценочные средства по учебной дисциплине представлены в таблице и хранятся на кафедре.

№ п/п	Вид оценочных средств	Количество комплектов
1	Вопросы к зачету	1
2	Тестовые, контрольные задания для проведения контрольных работ	1
3	Вопросы к защите лабораторных работ	1

5 МЕТОДИКА И КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ КОМПЕТЕНЦИЙ СТУДЕНТОВ

5.1 Уровни сформированности компетенций

№ п/п	Уровни сформированности компетенции	Содержательное описание уровня	Результаты обучения
	ПК-1 Способность в составе коллектива исполнителей участвовать в выполнении теоретических и экспериментальных научных исследований по поиску и проверке новых идей совершенствования наземных транспортно-технологических машин, их технологического оборудования и создания комплексов на их базе.		
1	Пороговый уровень	Понимание основных уравнений теории упругости	Составление расчетной схемы типовых элементов и расчет перемещений и напряжений применительно к элементу.
2	Продвинутый уровень	Понимание основ точных методов решения задачи теории упругости	Составление расчетной схемы, нахождение искомых данных путем решения прямой и обратной задачи.
3	Высокий уровень	Понимание основ функционала энергии деформируемого тела. Общие понятия о приближенных методах краевой задачи и	Анализ результатов численных методов и сопоставление с аналитическими. Валидация результатов

		метода конечных элементов.	объемно-напряженного состояния аналитическими методами.
ПК-4 Способность в составе коллектива исполнителей участвовать в разработке конструкторско-технической документации новых или модернизируемых образцов наземных транспортно-технологических машин и комплексов.			
1	Пороговый уровень	Понимание основных уравнений теории упругости	Определяет уровни допустимых перемещений и напряжений к рассчитываемому объекту.
2	Продвинутый уровень	Понимание основ точных методов решения задачи теории упругости	Использует программное обеспечение реализующее метод конечных элементов для определения уровня перемещений и напряжений для рассчитываемого объекта
3	Высокий уровень	Понимание основ функционала энергии деформируемого тела. Общие понятия о приближенных методах краевой задачи и метода конечных элементов.	Валидирует численную модель рассчитываемого объекта аналитическими методами теории упругости.

5.2 Методика оценки знаний, умений и навыков студентов

Результаты обучения	Оценочные средства
ПК-1 Способность в составе коллектива исполнителей участвовать в выполнении теоретических и экспериментальных научных исследований по поиску и проверке новых идей совершенствования наземных транспортно-технологических машин, их технологического оборудования и создания комплексов на их базе.	
Составление расчетной схемы типовых элементов и расчет перемещений и напряжений применительно к элементу.	Вопросы к лабораторной работе Вопросы к зачету
Составление расчетной схемы, нахождение искомых данных путем решения прямой и обратной задачи.	Вопросы к лабораторной работе Вопросы к зачету
Анализ результатов численных методов и сопоставление с аналитическими. Валидация результатов объемно-напряженного состояния аналитическими методами.	Вопросы к лабораторной работе Вопросы к зачету
ПК-4 Способность в составе коллектива исполнителей участвовать в разработке	

конструкторско-технической документации новых или модернизируемых образцов наземных транспортно-технологических машин и комплексов.	
Определяет уровни допустимых перемещений и напряжений к рассчитываемому объекту.	Вопросы к лабораторной работе Вопросы к зачету
Использует программное обеспечение реализующее метод конечных элементов для определения уровня перемещений и напряжений для рассчитываемого объекта	Вопросы к лабораторной работе Вопросы к зачету
Валидирует численную модель рассчитываемого объекта аналитическими методами теории упругости.	Вопросы к лабораторной работе Вопросы к зачету

5.3 Критерии оценки лабораторных работ

Выполнение лабораторных работ оценивается 4 баллами и включает выполнение работы – до 1 балла, составление отчета – до 1 балла, защита лабораторной работы (устные ответы на контрольные вопросы) – до 2 баллов.

5.4 Критерии оценки зачета

К зачету допускаются студенты, набравшие в течение семестра 36 и более баллов. Минимальное положительное количество баллов для получения зачета составляет 15, максимальное – 40.

6 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ И ВЫПОЛНЕНИЮ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

Самостоятельная работа студентов (СРС) направлена на закрепление и углубление освоения учебного материала, развитие практических умений. СРС включает следующие виды:

- используются средства дистанционного сопровождения образовательного процесса в форме групповых рассылок заданий для самостоятельной работы по темам лабораторных работ;
- работа в режиме компоновка программного комплекса;
- самостоятельная подготовка рабочих чертежей машины погрузочно-доставочной в соответствии с вариантом.

Перечень контрольных вопросов и заданий для самостоятельной работы студентов приведен в приложении и хранится на кафедре.

Для СРС рекомендуется использовать источники, приведенные в п. 7.

7 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1 Основная литература

№ п/п	Библиографическое описание	Гриф	Количество экземпляров
1	Метод конечных элементов в задачах сопротивления материалов - М.: Физматлит, 2012. - 200 с.	-	ЭБС Znanium.com
2	Присекин В. Л. Основы метода конечных элементов в механике деформируемых тел /		ЭБС Znanium.com

	Присекин В.Л., Расторгуев Г.И. - Новосиб.: НГТУ, 2010. - 238 с.		
--	-----------------------------------------------------------------	--	--

7.2 Дополнительная литература

№ п/п	Библиографическое описание	Гриф	Количество экземпляров
3	Алямовский, А. А. COSMOSWorks. Основы расчета конструкций на прочность в среде SolidWorks [Электронный ресурс] / А. А. Алямовский. - М.: ДМК Пресс, 2010.	-	ЭБС Znanium.com
4	Сопротивление материалов: Учебник / В.А. Волосухин, В.Б. Логвинов, С.И. Евтушенко. - 5-е изд. - М.: ИЦ РИОР: НИЦ ИНФРА-М, 2014.	-	ЭБС Znanium.com
5	Подскребко, М. Д. Сопротивление материалов. Основы теории упругости, пластичности, ползучести и механики разрушения : учеб. пособие / М. Д. Подскребко. - Мн. : Вышэйш. шк., 2009. - 670с.	Доп. МОРБ	50
6	Шейн, А. И. Краткий курс строительной механики : учебник / А. И. Шейн. - М. : БАСТЕТ, 2011. - 272с.	Рек. УМО вузов РФ	20

7.3 Перечень ресурсов сети Интернет по изучаемой дисциплине

<http://www.soprotmat.ru>

<http://sopromat.vstu.ru/metod/ucheb/>

www.krugosvet.ru/enc/.../TEORIYA_UPRUGOSTI.html

7.4 Перечень наглядных и других пособий, методических рекомендаций по проведению учебных занятий, а также методических материалов к используемым в образовательном процессе техническим средствам

7.4.1 Информационные технологии

Темы 1-7 презентации в формате ppt;

Номера тем	Наименование тем	Видео материал
1	Введение	Закон Гука и теория упругости
2	Главные напряжения	Главные напряжения
3	Структура основных уравнений теории упругости	ANSYS Сопротивление материалов. (эпюры внутренних силовых факторов).
4	Точные методы решения задач теории упругости	SolidWorks. Введение, настройка рабочего стола
5	Вариационная формулировка задачи теории упругости	Численные методы решения краевых задач
7	Общие понятия метода конечных элементов	Погрешности вычислений

7.4.2 Перечень программного обеспечения, используемого в образовательном процессе

Лабораторные работы:

Операционная система Windows 7 Профессиональная;

Программный комплекс SolidWorks/Simulation 2014.

8 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Материально-техническое обеспечение дисциплины содержится в паспорте лаборатории информатики, рег. номер ПУЛ-4.203-203а/1-14.

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

по учебной дисциплине «Основы теории упругости»

направлению подготовки 23.03.02 «Наземные транспортно-технологические комплексы»

на 2017-2018 учебный год

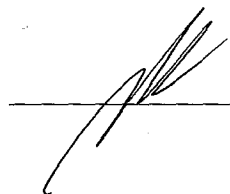
Дополнений и изменений нет.

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры «Транспортные и технологические машины»
(название кафедры)

(протокол № 7 от « 07 » 02 2017 г.)

Заведующий кафедрой:

канд. техн. наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)



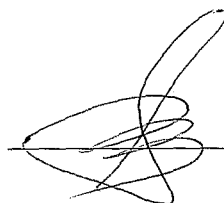
И.В. Лесковец

УТВЕРЖДАЮ

Декан автомеханического факультета
(название факультета, выпускающего по данной специальности)

канд. техн. наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)


«17» 03 2017 г.



А.С. Мельников

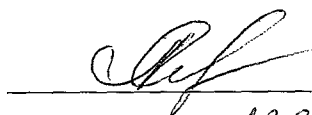
СОГЛАСОВАНО:

Ведущий библиотекарь



Л.А. Астекалова

Начальник учебно-методического
отдела



О.Е. Печковская

20.03.17

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

по учебной дисциплине Основы теории упругости

направления подготовки 23.03.02 – Наземные транспортно-технологические комплексы

на 2018-2019 учебный год

Дополнений и изменений нет.

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры Транспортные и технологические машины
(протокол № 9 от « 7 » марта 2018 г.)

Заведующий кафедрой:

канд. техн. наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)

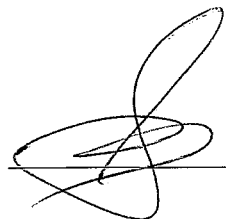


И.В. Лесковец

УТВЕРЖДАЮ

Декан автомеханического факультета

канд. техн. наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)



А.С. Мельников

« 05 » _____ 2018 г.

СОГЛАСОВАНО

Ведущий библиотекарь



Л.А. Астекалова

Начальник учебно-методического
отдела



О.Е. Печковская