

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г.ШУХОВА»**
(БГТУ им. В.Г. Шухова)

СОГЛАСОВАНО
Директор института магистратуры
 И.В. Ярмоленко
« 20 » 05 2021 г.

УТВЕРЖДАЮ
Директор института
 И.А. Новиков
« 20 » 05 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины

Практический курс динамического моделирования

Направление подготовки:

23.04.02 Наземные транспортно-технологические комплексы

Образовательная программа:

Технологические комплексы для переработки природных и техногенных материалов

Квалификация

магистр

Форма обучения

заочная

Институт магистратуры

Кафедра Технологические комплексы, машины и механизмы

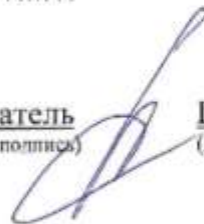
Белгород 2021

Рабочая программа составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – специалитет по специальности 23.04.02 Наземные транспортно-технологические комплексы, утвержденного приказа Минобрнауки России от 7 августа 2020 г. № 917;
- Учебного плана по направлению подготовки 23.04.02 - Наземные транспортно-технологические комплексы, утвержденного ученым советом БГТУ им. В.Г. Шухова в 2021 году.

Составитель (составители): старший преподаватель
(ученая степень и звание, подпись)

Перельгин Д.Н.
(инициалы, фамилия)



Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

« 14 » 05 2021 г., протокол № 10

Заведующий кафедрой: д-р. техн. наук, проф.
(ученая степень и звание, подпись)

Севостьянов В.С.
(инициалы, фамилия)

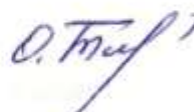


Рабочая программа одобрена методической комиссией института

« 20 » 05 2021 г., протокол № 9

Председатель: канд. техн. наук, доц.
(ученая степень и звание, подпись)

Орехова Т.Н.
(инициалы, фамилия)



1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине
ПК-4 Способен использовать инновационные методы для решения задач проектирования наземных транспортно-технологических машин и их компонентов в профессиональной сфере деятельности	ПК-4.1 Использует стандартные программные средства при проектировании наземных транспортно-технологических машин и их компонентов	Знания: - методик разработки технической документации Умения: - пользоваться имеющейся нормативно-технической и справочной документацией для проектирования деталей и сборок; - выполнять графические построения деталей и узлов; - использовать конструкторскую и технологическую документацию. Навыки: - применение методик проектирования деталей и сборок
	ПК-4.2 Проектирует наземные транспортно-технологические машины и их компоненты с использованием инновационных методов	Знания: методы и средства выполнения инженерного анализа; Умения: применять методы и средства проведения инженерного анализа; Навыки решение задач аналитического характера, предполагающих выбор и многообразие актуальных способов решения задач

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

1. Компетенция ПК-4 Способен использовать инновационные методы для решения задач проектирования наземных транспортно-технологических машин и их компонентов в профессиональной сфере деятельности.

Стадия	Наименования дисциплины
1	Основы научных исследований при разработке машин и оборудования
2	Основы конструирования в среде специализированных компьютерных программ
3	Практический курс динамического моделирования
4	Основы процесса взаимозаменяемости рабочих органов машин с разрабатываемой средой
5	Мониторинг внешней среды и прогнозирование техногенных катастроф

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 (пять) зач, единицы, 180 часа.

Дисциплина реализуется в рамках практической подготовки:

Форма промежуточной аттестации _____ зачет
(экзамен, дифференцированный зачет, зачет)

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 4
Общая трудоемкость дисциплины, час	180	180
Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:	72	72
лекции	17	17
лабораторные	-	-
практические	68	68
групповые консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации	2	2
Самостоятельная работа студентов, включая индивидуальные и групповые консультации, в том числе:	93	93
Курсовой проект	-	-
Курсовая работа	-	-
Расчетно-графическое задание	-	-
Индивидуальное домашнее задание	9	9
Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия)	84	84
Экзамен	-	-

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Наименование тем, их содержание и объем

Курс 2 Семестр 4

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям ¹
Практический курс динамического моделирования					
1	Расчет детали на прочность методом конечных элементов Введение в инженерный анализ. Идеализация геометрии. Срединная поверхность. (Подготовка геометрии). Материалы. Использование библиотеки материалов. Добавление материалов в библиотеку. Типы сеток КЭМ. Граничные условия. Типы и методы наложения граничных условий. Проверка качества модели и сетки. Решение модели.	4	2	-	34

2	Расчет сборочной единицы на прочность методом конечных элементов Анализ сборочной единицы. Выделение узлов и деталей, подлежащих проверке на прочность. Создание конечно-элементной сборки. Создание конечно-элементных моделей деталей, входящих в расчетную сборку (упрощение геометрии, назначение материала, выбор типа и наложение сеток). Сопряжение конечно-элементных моделей. Создание решения. Приложение внешних нагрузок и условий ограничения.	3	1,2	-	30
3	Расчет сборочной единицы на устойчивость Понятие устойчивости конструкции. Виды равновесия: неустойчивое равновесие, устойчивое равновесие, безразличное равновесие. Линейный анализ устойчивости. Создание файлов КЭ-модели и модели симуляции. Идеализация геометрии. Задание нагрузок и ограничений. Решение модели и анализ результатов.	3	1,4	-	30
4	Динамический анализ конструкции Основы динамического анализа конструкций. Учет инерционных и упругодемпферных свойств. Массовые свойства. Демпфирование. Определение собственных частот и форм свободных колебаний конструкции. Частотный анализ.	3	2	-	35
5	Нелинейный статический и динамический анализ Введение в нелинейный анализ. Особенности КЭ моделирования. Нелинейные решения. Геометрическая нелинейность. Нелинейность материалов. Типы нелинейных материалов. Упругопластичный материал. Задание пластических свойств материала	4	1,4	-	30
	ВСЕГО	4	8	-	159

4.2. Содержание практических (семинарских) занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического (семинарского) занятия	К-во часов	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
Семестр №4				
1	Расчет детали на прочность методом конечных элементов	Создание файла симуляции, КЭ модели и идеализации	0,4	16
		Идеализация геометрии	0,2	
		Материалы. Использование библиотеки материалов. Добавление материалов в библиотеку	0,4	
		Нанесение 3D-сетки на геометрическую модель. Типы 3D-элементов.	0,4	
		Проверка качества модели и сетки. Создание решения. Типы	0,6	

		решений и решателей. Граничные условия. Типы и методы наложения граничных условий. Решение модели		
2	Расчет сборочной единицы на прочность методом конечных элементов	Создание конечно-элементной сборки	0,7	10
		Создание модели симуляции	0,5	
3	Расчет сборочной единицы на устойчивость	Введение в расчет на устойчивость	0,4	13
		Линейный анализ устойчивости.	0,6	
		Нелинейный анализ устойчивости.	0,6	
4	Динамический анализ конструкции	Введение в динамический анализ конструкции	0,4	16
		Частотный анализ	0,8	
		Анализ переходных процессов	0,8	
5	Нелинейный статический и динамический анализ	Введение в нелинейный анализ	0,4	13
		Понятие нелинейности конструкции	0,5	
		Контактное взаимодействие. Решение нелинейных задач	0,5	
ВСЕГО:			8	68

4.3. Содержание лабораторных занятий

Не предусмотрено учебным планом.

4.4. Содержание курсового проекта/работы

Не предусмотрено учебным планом.

4.5. Содержание расчетно-графического задания, индивидуальных домашних заданий

Учебным планом предусмотрено расчетно-графическое задание (ИДЗ) с объемом самостоятельной работы студента - 9 часов.

В процессе выполнения ИДЗ осуществляется контактная работа обучающегося с преподавателем. Консультации проводятся в аудитория и/или посредством электронной информационно-образовательной среды университета.

Выполнение и защита ИДЗ проводится в сроки, установленные руководителем.

Типовое примерное задание на ИДЗ по теме «Расчет сборочной единицы методом конечных элементов»:

- а) задание выдается преподавателем на специальном бланке
- б) Описание сборочной единицы
- в) Описание процесса выполнения расчета методом конечных элементов

- г) выбор материала, наложение граничных условий, нанесение 3D сетки.
- д) Составление отчета
- е) Заключение
- ж) Список литературы
- Содержание ИДЗ.

Пояснительная записка включает в себя:

1. Титульный лист ИДЗ.
2. Задание на выполнение ИДЗ, подписанное руководителем и техническое задание.
3. Оглавление (содержание) ИДЗ.
4. Введение.
5. Описание сборочной единицы
6. Описание процесса разработки электронно-цифровой модели детали
7. Описание процесса разработки электронно-цифровой модели сборочной единицы
8. Заключение.
9. Список литературы.
10. Приложения (спецификации чертежей, графическая часть).

Объем расчетно-пояснительной записки составляет 15-20 страниц машинописного (или рукописного) текста.

Графическая часть ИДЗ содержит:

- Лист 1 (А3) -сборочный чертеж;
- Лист 3 (А4) -чертеж детали;
- Лист 4 (А4) — чертеж детали;

5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

5.1. Реализация компетенций

Компетенция ПК-4 Способен использовать инновационные методы для решения задач проектирования наземных транспортно-технологических машин и их компонентов в профессиональной сфере деятельности

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
ПК-4.1 Использует стандартные программные средства при проектировании наземных транспортно-технологических машин и их компонентов	Зачет, собеседование, выполнение практических работ, разноуровневые задачи и задания.
ПК-4.2 Проектирует наземные транспортно-технологические машины и их компоненты с использованием инновационных методов	Зачет, собеседование, выполнение практических работ, разноуровневые задачи и задания

5.2. Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации

5.2.1. Перечень контрольных вопросов (типовых заданий) для зачета

Компетенция ПК-4

1. Системы инженерного анализа. Понятие CAE.
2. Упрощение, идеализация и редактирование геометрической модели.
3. Создание срединной поверхности. Редактирование сложных срединных поверхностей.
4. Нанесение 3D сетки на геометрическую модель.
5. Типы 3D конечных элементов, типы 3D сеток.
6. Создание точек сетки. Обновление сетки конечных элементов. Редактирование сеток.
7. Физические свойства сеток. Коллектор сетки.
8. Определение свойств материала. Библиотека материалов.
9. Добавление материала в библиотеку материалов.
10. Граничные условия. Типы нагрузок. Особенности приложения нагрузок.
11. Граничные условия. Типы ограничений. Приложение ограничений к геометрической модели.
12. Проверка конечно-элементной модели.
13. Решение конечно-элементной модели. Типы решателей.
14. Навигатор постпроцессора.
15. Создание отчета. Информация о сетке КЭ,
16. материалах, граничных условиях. Редактирование отчета.
17. Оптимизация геометрии модели. Алгоритм расчета
18. на оптимизацию геометрии.
19. Создание сборки конечно-элементных моделей.
20. Добавление конечно-элементных моделей в файл
21. Контакт поверхностей. Создание контакта поверхностей. Опции контакта.
22. Склейка поверхностей. Создание склейки поверхностей.
23. Понятие устойчивости конструкции.
24. Виды равновесия: неустойчивое равновесие,
25. устойчивое равновесие, безразличное равновесие.
26. Линейный анализ устойчивости. Создание файлов КЭ-модели и модели симуляции.
27. Идеализация геометрии.
28. Задание нагрузок и ограничений. Решение модели и анализ результатов.
29. Нелинейный анализ устойчивости. Особенности нелинейного анализа устойчивости.
30. Создание файлов КЭ-модели и модели симуляции.
31. Идеализация геометрии.
32. Задание параметров нелинейного решения.
33. Задание нелинейных свойств материала.
34. Задание нагрузок и ограничений.
35. Решение модели и анализ результатов.
36. Основы динамического анализа конструкций.
37. Учет инерционных и упругодемпферных свойств.
38. Массовые свойства. Демпфирование.
39. Определение собственных частот и форм свободных колебаний конструкции.
40. Частотный анализ. Прямой метод.
41. Частотный анализ с помощью прямого метода.
42. Модальный анализ.
43. Частотный анализ методом суперпозиции форм.
44. Анализ переходных процессов.
45. Прямой метод. Анализ переходных процессов прямым методом.

46. Модальный анализ. Анализ переходных процессов модальным методом
47. Введение в нелинейный анализ. Особенности КЭ
48. моделирования. Нелинейные решения.
49. Геометрическая нелинейность.
50. Нелинейность материалов. Типы нелинейных
51. материалов. Упругопластичный материал.
52. Задание пластических свойств материала.
53. Контактное взаимодействие. Задание контактного
54. взаимодействия.
55. Особенности решения контактных задач.
56. Решение нелинейных задач.
57. Параметры нелинейных решений.

5.2.2. Перечень контрольных материалов для защиты курсового проекта/ курсовой работы

Не предусмотрено учебным планом.

5.3. Типовые контрольные задания (материалы) для текущего контроля в семестре

Не предусмотрено учебным планом.

5.4. Описание критериев оценивания компетенций и шкалы оценивания

При промежуточной аттестации в форме зачета используется следующая шкала оценивания: не зачтено и зачтено.

Критериями оценивания достижений показателей являются:

Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине	Критерий оценивания
Знания	Знание основных методов расчета конструкции на прочность, устойчивость, долговечность
	Знание типов конечных элементов
	Знание типов нагрузок и ограничений, накладываемых на конечно-элементную модель
Умения	Умение создавать конечно-элементные модели изделий и накладывать условия сопряжения
	Умение проводить расчеты на статическую прочность, на потерю устойчивости
	Умение осуществлять динамический отклик конструкции с применением программного обеспечения.
Владение	Владение функционалом программного обеспечения для создания моделей симуляции
	Владение функционалом программного обеспечения для анализа результатов расчета и оптимизации конструкции изделия

Оценка преподавателем выставляется интегрально с учётом всех показателей и критериев оценивания.

Оценка сформированности компетенций по показателю Знания.

Критерий	Уровень освоения и оценка	
	Не зачтено	Зачтено
Знание основных методов расчета конструкции на прочность, устойчивость, долговечность	Не знает основные методы расчета конструкции на прочность, устойчивость, долговечность.	Знает основные методы расчета конструкции на прочность, устойчивость, долговечность в полном объеме и на хорошем уровне.
Знание типов конечных элементов	Не знает типы конечных элементов.	Знает типы конечных элементов в полном объеме и на хорошем уровне.
Знание типов нагрузок и ограничений, накладываемых на конечно-элементную модель	Не знает типы нагрузок и ограничений, накладываемых на конечно-элементную модель.	Знает типы нагрузок и ограничений, накладываемых на конечно-элементную модель в полном объеме и на хорошем уровне

Оценка сформированности компетенций по показателю Умения.

Критерий	Уровень освоения и оценка	
	Не зачтено	Зачтено
Умение создавать конечно-элементные модели изделий и накладывать условия сопряжения	Не умеет создавать конечно-элементные модели изделий и накладывать условия сопряжения.	Умеет создавать конечно-элементные модели изделий и накладывать условия сопряжения в полном объеме и на хорошем уровне.
Умение проводить расчеты на статическую прочность, на потерю устойчивости	Не умеет проводить расчеты на статическую прочность, потерю устойчивости	Умеет проводить расчеты на статическую прочность, потерю устойчивости в полном объеме и на хорошем уровне
Умение осуществлять динамический отклик конструкции с применением программного обеспечения.	Не умеет осуществлять динамический отклик конструкции с применением программного обеспечения	Умеет осуществлять динамический отклик конструкции с применением программного обеспечения в полном объеме и на хорошем уровне.

Оценка сформированности компетенций по показателю Владение.

Критерий	Уровень освоения и оценка	
	Не зачтено	Зачтено
Владение функционалом	Не владеет	Владеет функционалом

программного обеспечения для создания моделей симуляции	функционалом программного обеспечения для создания моделей симуляции.	программного обеспечения для создания моделей симуляции в полном объеме и на хорошем уровне.
Владение функционалом программного обеспечения для анализа результатов расчета и оптимизации конструкции изделия	Не владеет функционалом программного обеспечения для анализа результатов расчета и оптимизации конструкции изделия.	Владеет функционалом программного обеспечения для анализа результатов расчета и оптимизации конструкции изделия в полном объеме и на хорошем уровне.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

6.1. Материально-техническое обеспечение

№	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1	Лаборатория автоматизированного проектирования для проведения консультаций, текущего контроля, промежуточной аттестации	Специализированная мебель; компьютерная техника, подключенная к сети «Интернет», имеющая доступ в электронную информационно-образовательную среду.
2	Читальный зал библиотеки для самостоятельной работы	Специализированная мебель; компьютерная техника, подключенная к сети «Интернет», имеющая доступ в электронную информационно-образовательную среду.
3	Учебно-методический кабинет кафедры	Специализированная мебель; компьютерная техника, подключенная к сети «Интернет», имеющая доступ в электронную информационно-образовательную среду.

6.2. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

№	Перечень лицензионного программного обеспечения.	Реквизиты подтверждающего документа
1	Программное обеспечение для экспресс-контроля теоретических знаний в форме тестирования	Утверждено на заседании кафедры ТиПХ от 06.09.17, протокол № 2
2	Microsoft Windows 8.1	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V9221014 от 2020-11-01 до 2023-10-31
3	Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows	Лицензия № 13C8200710090907790928
4	Office Professional Plus 2016	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V9221014 от 2020-11-01 до 2023-10-31
5	Офис 365 для образования (студенческий)	E04002C51M от 22.06.2016

6	AutoCAD	https://wiki.freecadweb.org/Licence
7	The open-source Arduino Software (IDE)	https://docs.arduino.cc
8	Nastran	лицензия
9	Inventor	лицензия

6.3. Перечень учебных изданий и учебно-методических материалов

1. Тинников Д. В. Автоматизированное проектирование деталей сложной геометрии с использованием программного продукта PowerSHAPE : справочное пособие / Д. В. Тинников, В. В. Иванцовский ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2011. - 64, [2] с. : ил.
2. Присекин В. Л. Основы метода конечных элементов в механике деформируемых тел : [учебник] / В. Л. Присекин, Г. И. Расторгуев ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2010. - 237 с. :

Перечень дополнительной литературы

1. ГОСТ 2.102-2013. Единая система конструкторской документации. Виды и комплектность конструкторских документов.
2. Шандров, Борис Васильевич. Технические средства автоматизации [Текст]: учебник для вузов: допущено МО РФ. - Москва: Academia, 2007 (Саратов ОАО "Саратов. полиграф. комбинат", 2006). - 360 с.
3. Евтюков С.А. Построение математических моделей и систем автоматизированного проектирования подъемно-транспортных и строительно-дорожных машин [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Евтюков С.А., Овчаров А.А., Замараев И.В.— Электрон. текстовые данные.— СПб.: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2011.— 44 с. — ЭБС «IPRbooks».
4. Ездаков А.Л. Экспертные системы САПР : учебное пособие : допущено УМО. – Москва : Форум, 2014. – 159 с.

6.4. Перечень интернет ресурсов, профессиональных баз данных, информационно-справочных систем

1. Сайт РОСПАТЕНТА: <http://www1.fips.ru/>
2. Сайт научно-технической библиотеки БГТУ им. В.Г. Шухова:
3. <http://elib.bstu.ru/>
4. Сайт Российского фонда фундаментальных исследований:
5. <http://www.rfbr.ru/rffi/ru/>
6. Сайт Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU: <http://elibrary.ru/>
7. Сайт Электронно-библиотечной системы издательства «Лань»:
8. <http://e.lanbook.com/>

9. Сайт Электронно-библиотечной системы «IPRbooks»:
- 10.<http://www.iprbookshop.ru/>
- 11.Справочно-поисковая система «КонсультантПлюс»:
- 12.<http://www.consultant.ru/>
- 13.Сборник нормативных документов «Норма CS»: <http://normacs.ru/>
- 14.<http://www.detalmach.ru/>
- 15.<http://www.gost.ru/>
- 16.<http://eskd.ru/>

7. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Внести изменения в п. 6.2

6.2. Перечень лицензионного и свободно распространяемого обеспечения

№	Перечень лицензионного программного обеспечения.	Реквизиты подтверждающего документа
1	Microsoft Windows 10 Корпоративная	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023). Договор поставки ПО 0326100004117000038-0003147-01 от 06.10.2017
2	Microsoft Office Professional Plus 2016	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023
3	Kaspersky Endpoint Security «Стандартный Russian Edition»	Сублицензионный договор № 102 от 24.05.2018. Срок действия лицензии до 19.08.2020 Гражданско-правовой Договор (Контракт) № 27782 «Поставка продления права пользования (лицензии) Kaspersky Endpoint Security от 03.06.2020. Срок действия лицензии 19.08.2023г.
4	Google Chrome	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения
5	Mozilla Firefox	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения
6	nanoCAD	Соглашение №НР-22/220-ВУЗ от 17.02.2022г. Лицензия бессрочная

Рабочая программа утверждена на 20 22 /20 23 учебный год с изменениями, дополнениями

Протокол № 8 заседания кафедры от « 19 » мая 20 22 г.

Заведующий кафедрой _____
подпись, ФИО



Севостьянов В.С.

Директор института _____
подпись, ФИО



Новиков И.А.