

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»

**СОГЛАСОВАНО**

Декан ФЭАТ  
Баранов

А.С.

## **Рабочая программа дисциплины**

**Код и наименование дисциплины: Б1.О.35 «Системы автоматизированного проектирования наземных транспортно-технологических средств»**

**Код и наименование направления подготовки (специальности): 23.05.01**

**Наземные транспортно-технологические средства**

**Направленность (профиль, специализация): Технические средства агропромышленного комплекса**

**Статус дисциплины: обязательная часть**

**Форма обучения: очная**

| <b>Статус</b> | <b>Должность</b>                                | <b>И.О. Фамилия</b> |
|---------------|-------------------------------------------------|---------------------|
| Разработал    | заведующий кафедрой                             | С.А. Коростелев     |
| Согласовал    | Зав. кафедрой «НТТС»                            | С.А. Коростелев     |
|               | руководитель направленности (профиля) программы | С.Ф. Сороченко      |

г. Барнаул

# **1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций**

| Компетенция | Содержание компетенции                                                                                                                                                                                                              | Индикатор | Содержание индикатора                                                                                      |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ОПК-5       | Способен применять инструментальный формализации инженерных, научно-технических задач, использовать прикладное программное обеспечение при расчете, моделировании и проектировании технических объектов и технологических процессов | ОПК-5.2   | Использует прикладные программы и средства автоматизированного проектирования при решении инженерных задач |

## **2. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

|                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Дисциплины (практики), предшествующие изучению дисциплины, результаты освоения которых необходимы для освоения данной дисциплины.                 | Введение в специальность, Детали машин и основы конструирования, Компьютерная графика в проектировании наземных транспортно-технологических средств, Теория механизмов и машин                                                                                                                                                                                       |
| Дисциплины (практики), для которых результаты освоения данной дисциплины будут необходимы, как входные знания, умения и владения для их изучения. | Выполнение, подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы, Конструкторская практика, Моделирование процессов и технических средств животноводства, Моделирование процессов и технических средств растениеводства, Научно-исследовательская работа, Преддипломная практика, Проектирование технических средств агропромышленного комплекса |

## **3. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающегося**

Общий объем дисциплины в з.е. /час: 6 / 216

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

| Форма обучения | Виды занятий, их трудоемкость (час.) |                     |                      |                        | Объем контактной работы обучающегося с преподавателем (час) |
|----------------|--------------------------------------|---------------------|----------------------|------------------------|-------------------------------------------------------------|
|                | Лекции                               | Лабораторные работы | Практические занятия | Самостоятельная работа |                                                             |
| очная          | 32                                   | 48                  | 16                   | 120                    | 109                                                         |

4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

Форма обучения: очная

Семестр: 7

Лекционные занятия (32ч.)

1. Введение в САПР(2ч.)[2,3] Введение. Прикладные программы и средства автоматизированного проектирования при решении инженерных задач в области проектирования наземных транспортно-технологических средств.
2. Подходы и методы проектирования САПР(2ч.)[2,3] Блочный-иерархический подход к проектированию. Нисходящее проектирование. Восходящее проектирование. Эвристический прием синтеза. Математические модели для объектов проектирования. Способы представления графической информации в ЭВМ
3. Программное и информационное обеспечение САПР.(2ч.)[2,3] Программы, обеспечивающие функционирование и взаимодействие устройств системы. Пакеты прикладных программ для решения задач проектирования и организации работы с ними. Организация банков данных. Базы данных. Системы управления базами данных. Информационно-поисковое обеспечение.
4. Технические средства САПР.(2ч.)[2,3,10] ЭВМ и ее внешние устройства: устройства ввода - вывода графической информации; автоматизированное рабочее место проектировщика, его состав и решаемые задачи. Режимы работы САПР.
5. Использование САПР для проектирования автомобиля и трактора.(2ч.)[2,3,10] Общая схема проектирования. Этапы, поддающиеся формализации. Особенности автоматизированного проектирования. Информационно-поисковое обеспечение.
6. Методология принятия базовых проектных решений.(2ч.)[2,3,10] Основные этапы машинного проектирования. Использование моделей для проверки правильности выбора параметров проектируемого узла. Алгоритмизация расчетов основных систем и узлов наземных транспортно-технологических средств. Существующие пакеты прикладных программ для автоматизации проектирования агрегатов, узлов и деталей.
7. Программы для решения задач механики деформируемого твердого тела(2ч.)[2,3,4,5,10,11] Прикладные программы и средства автоматизированного проектирования для решения инженерных задач по определению напряженно-деформированного состояния элементов конструкций наземных транспортно-технологических средств.
8. Метод конечных элементов (МКЭ)(2ч.)[2,4,7,8,9,10] Формализация научно-технической задачи по определению напряженно-деформированного

состояния. Этапы развития численных методов расчета конструкций. Примеры применения численных методов в расчете конструкций наземных транспортно-технологических средств. Краткий обзор существующих методов. Основные сведения о матрицах и матричных операциях. История развития метода. Основная концепция МКЭ. Преимущества и недостатки. Типы конечных элементов. Разбиение области на элементы. Нумерация узлов. Топология элементов.

9. Определения и основные операции с элементами.(2ч.)[2,3,4,6,7] Формализация научно-технической задачи по определению напряженно-деформированного состояния. Система координат. Идеализация с помощью основных конечных элементов.

10. Способы глобального анализа конструкций.(2ч.)[2,3,4,6,7,8,9] Формализация научно-технической задачи по определению напряженно-деформированного состояния. Прямой метод жесткости. Основные понятия. Общая методика. Специальные операции.

11. Основные соотношения теории упругости(2ч.)[2,6,7,8] Дифференциальные уравнения равновесия. Соотношения, связывающие деформации с перемещениями. Уравнения состояния материала. Граничные условия.

12. Прямые методы построения элементов.(2ч.)[2,6,7,8] Формализация научно-технической задачи по определению напряженно деформированного состояния. Представление функций поведения элементов и его геометрии. Требования к представлению функций поведения элемента. Треугольные элементы. Тетраэдральные элементы. Изопараметрическое представление. Прямой метод построения соотношений для сил и перемещений в узлах конечного элемента. Треугольный плосконапряженный элемент. Ограничения в прямом методе.

13. Плосконапряженное состояние.(2ч.)[2,7,8,9] Треугольные элементы. Дифференциальные уравнения и уравнения состояния. Потенциальная энергия. Дополнительная энергия. Элементы, построенные на базе предполагаемых перемещений. Топология элементов. Координаты узлов. Расчет коэффициентов матрицы жесткости треугольного элемента. Построение глобальной матрицы жесткости

14. Методы решения систем линейных алгебраических уравнений(2ч.)[3,7,8] Тип глобальной матрицы жесткости, свойства. Метод Гаусса и его модификации. Метод Холецкого. Учет свойств глобальной матрицы жесткости. Диагональная схема записи элементов.

15. Трехмерные элементы.(2ч.)[2,4,6,7,8] Уравнения теории упругости. Потенциальная энергия. Построение тетраэдральных элементов. Элемент с линейным полем перемещений. Прямоугольные шестигранные элементы. Прямоугольный шестигранник с линейным полем перемещений. Примеры расчетов элементов конструкции наземных транспортно-технологических средств.

16. Элементы для описания поведения пластин. {лекция с разбором конкретных ситуаций} (2ч.)[2,6,7,8,9] Требования к прочности кузовов автомобилей и кабин тракторов. Построение конечно-элементных моделей

кузовов автомобилей и кабин тракторов. Примеры расчетов элементов конструкции кузовов и кабин наземных транспортно-технологических средств.

#### **Практические занятия (16ч.)**

1. Операции над матрицами.(2ч.)[3,6,7,8] Изучение алгоритмов сложения, умножения, транспонирования матриц.
2. Разбиение области на конечные элементы {работа в малых группах} (4ч.)[3,6,7,8] Треугольные элементы. Четырехсторонние изопараметрические 8-узловые элементы.
3. Вычисление коэффициентов матрицы жесткости треугольного элемента.(2ч.)[2,6,7,8]
4. Построение глобальной матрицы жесткости конструкции.(2ч.)[2,6,7,8,9]
5. Учет граничных условий и формирование системы линейных алгебраических уравнений. Решение системы.(2ч.)[2,6,7,8,9]
6. Вычисление сил реакции. Вычисление деформаций и напряжений.(2ч.)[2,6,7,8,9]
7. Формирование расчетных схем для элементов конструкций наземных транспортно-технологических средств(2ч.)[2,6,7] Расчет напряженно-деформированного состояния элементов конструкций наземных транспортно-технологических средств с помощью метода конечных элементов.

#### **Лабораторные работы (48ч.)**

1. Построение моделей деталей трансмиссии наземных транспортно-технологических средств(8ч.)[2,3,4,5] Используя прикладные программы и средства автоматизированного проектирования, решить инженерную задачу по построению: модели вала коробки передач; модели полуоси; модели крестовины карданного шарнира; модели цилиндрического зубчатого колеса коробки передач; конического зубчатого колеса с круговым зубом главной передачи; блока шестерен промежуточного вала коробки передач.
2. Построение моделей корпусных деталей наземных транспортно-технологических средств(8ч.)[2,3,4,5] Используя прикладные программы и средства автоматизированного проектирования, решить инженерную задачу по построению: модели корпуса коробки передач наземного транспортно-технологического средства.
3. Построение моделей деталей ходовой части наземных транспортно-технологических средств(8ч.)[2,3,4,5] Используя прикладные программы и средства автоматизированного проектирования, решить инженерную задачу по построению: моделей рычагов подвески наземного транспортно-технологического средства; построение модели ведущего колеса гусеничного движителя и опорного катка наземного транспортно-технологического средства.
4. Построение моделей несущей системы наземных транспортно-

технологических средств(4ч.)[2,3,4] Используя прикладные программы и средства автоматизированного проектирования, решить инженерную задачу по построению: модели рамы наземного транспортно-технологического средства.

5. Расчет напряженно-деформированного состояния плоских металлических конструкций(4ч.)[1,4,6,7,8] Используя прикладные программы и средства автоматизированного проектирования, решить инженерную задачу по определению напряженно-деформированного состояния конструкции. Разбиение детали на 3-х угольные конечные элементы. Задание граничных условий. Расчет. Анализ полей распределения напряжений. Разбиение детали на 4-х сторонние изопараметрические конечные элементы. Задание граничных условий. Расчет. Анализ полей распределения напряжений.

6. Расчет напряженно-деформированного состояния деталей трансмиссии наземных транспортно-технологических средств с помощью метода конечных элементов {работа в малых группах} (4ч.)[3,4,5,6,7] Используя прикладные программы и средства автоматизированного проектирования, решить инженерную задачу по расчету напряженно-деформированного состояния: вала коробки передач; крестовины карданного шарнира; цилиндрического зубчатого колеса коробки передач; конического зубчатого колеса с круговым зубом главной передачи; блока шестерен промежуточного вала коробки передач. Провести анализ распределения полей напряжений.

7. Расчет напряженно-деформированного состояния корпусных деталей трансмиссии наземных транспортно-технологических средств с помощью метода конечных элементов {работа в малых группах} (4ч.)[2,3,4,5,6,7] Используя прикладные программы и средства автоматизированного проектирования, решить инженерную задачу по расчету напряженно-деформированного состояния: корпуса коробки передач наземного транспортно-технологического средства. Провести анализ распределения полей напряжений.

8. Расчет напряженно-деформированного состояния деталей ходовой части наземных транспортно-технологических средств с помощью метода конечных элементов {работа в малых группах} (4ч.)[2,3,4,5,6,7] Используя прикладные программы и средства автоматизированного проектирования, решить инженерную задачу по расчету напряженно-деформированного состояния: рычагов подвески наземного транспортно-технологического средства; ведущего колеса гусеничного движителя и опорного катка наземного транспортно-технологического средства. Провести анализ распределения полей напряжений.

9. Расчет напряженно-деформированного состояния несущей системы наземных транспортно-технологических средств с помощью метода конечных элементов {работа в малых группах} (4ч.)[2,3,4,5,6,7,8,9] Используя прикладные программы и средства автоматизированного проектирования, решить инженерную задачу по расчету напряженно-деформированного состояния: рамы наземного транспортно-технологического средства;

несущего кузова наземного транспортно-технологического средства.  
Провести анализ распределения напряжений.

#### **Самостоятельная работа (120ч.)**

1. Подготовка по материалам лекций(20ч.)[1,2,3,4,5,6,7,8,9,10]
2. Подготовка к практическим занятиям(10ч.)[1,2,3,4,5,6,7,8,9,11]
3. Подготовка к КО №1(15ч.)[1,2,3,4,5,6,7,8,9,11]
4. Подготовка к КО №2(15ч.)[1,2,3,4,5,6,7,8,9,11]
5. Расчетное задание(24ч.)[1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11]
6. Подготовка к сдаче экзамена(36ч.)[1,2,3,4,5,6,7,8,9,11]

#### **5. Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине**

Для каждого обучающегося обеспечен индивидуальный неограниченный доступ к электронной информационно-образовательной среде АлтГТУ:

1. Расчет плоских металлических конструкций методом конечных элементов

Коростелев С.А. (НТТС) 2020 Методические указания, 604.00 КБ Дата первичного размещения: 15.12.2020. Обновлено: 15.12.2020. Прямая ссылка:

[http://elib.altstu.ru/eum/download/ntts/Korostelev\\_RPMKMKKE\\_mu.pdf](http://elib.altstu.ru/eum/download/ntts/Korostelev_RPMKMKKE_mu.pdf)

#### **6. Перечень учебной литературы**

##### **6.1. Основная литература**

2. Основы САПР : учебное пособие / И.В. Крысова, М.Н. Одинец, Т.М. Мясоедова, Д.С. Корчагин ; Минобрнауки России, Омский государственный технический университет. – Омск : Омский государственный технический университет (ОмГТУ), 2017. – 92 с. : табл., граф., схем, ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=493424> (дата обращения: 06.12.2020). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-8149-2423-0. – Текст : электронный.

3. Головицына, М. В. Основы САПР : учебное пособие / М. В. Головицына. – 3-е изд. – Москва : Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), Ай Пи Ар Медиа, 2021. – 268 с. – ISBN 978-5-4497-0921-9. – Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/102040.html>

4. Насад, Т. Г. Системы автоматизированного проектирования технологических процессов в машиностроении : учебное пособие / Т. Г.



Насад, А. А. Игнатьев, И. П. Насад. – Саратов : Саратовский государственный технический университет, 2021. – 80 с. – ISBN 978-5-7433-3476-6. – Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/122638.html> (дата обращения: 11.07.2022). – Режим доступа: для авторизир. пользователей. – DOI: <https://doi.org/10.23682/122638>

## 6.2. Дополнительная литература

5. Молодова, Ю.И. Проектировочный расчет двухступенчатого цилиндрического редуктора в модуле APM DRIVE : учебное пособие : [16+] / Ю.И. Молодова, В.А. Цветков ; Университет ИТМО. – Санкт-Петербург : Университет ИТМО, 2019. – 29 с. : ил., табл., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=566760> (дата обращения: 06.12.2020). – Библиогр. в кн. – Текст : электронный.

6. Присекин, В.Л. Основы метода конечных элементов в механике деформируемых тел : учебник / В.Л. Присекин, Г.И. Расторгуев ; Новосибирский государственный технический университет. – Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2009. – 240 с. : табл., ил. – (Учебники НГТУ). – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=436040> (дата обращения: 06.12.2020). – Библиогр.: с. 232. – ISBN 978-5-7782-1287-9. – Текст : электронный.

7. Зенкевич, О. Метод конечных элементов в технике / О. Зенкевич ; под ред. Б.Е. Победри. – Москва : Мир, 1975. – 542 с. : ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=457096> (дата обращения: 06.12.2020). – Текст : электронный.

8. Сегерлинд, Л. Применение метода конечных элементов / Л. Сегерлинд ; под ред. Б.Е. Победри ; пер. с англ. А.А. Шестакова. – Москва : Мир, 1979. – 392 с. : ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=457056> (дата обращения: 06.12.2020). – Текст : электронный.

9. Маковкин, Г.А. Применение МКЭ к решению задач механики деформируемого твердого тела : учебное пособие / Г.А. Маковкин, С.Ю. Лихачева ; Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет (ННГАСУ). – Нижний Новгород : Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет (ННГАСУ), 2012. – Ч. 1. – 72 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=427425> (дата обращения: 06.12.2020). – Библиогр. в кн. – Текст : электронный.

10. Системы автоматизированного проектирования технических объектов: лабораторный практикум / Е.М. Онучин, А.А. Медяков, Д.М. Ласточкин, А.Д. Каменских ; Поволжский государственный технологический университет. – Йошкар-Ола : Поволжский государственный технологический



университет, 2016. – 80 с. : табл., ил. – Режим доступа: по подписке.  
 – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=459513> (дата обращения: 06.12.2020). – Библиогр.: с. 77. – ISBN 978-5-8158-1732-6.  
 – Текст : электронный.

**7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины**

11. Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева.  
<https://www.nntu.ru/content/nauka/zhurnal-trudy-ngtu-im-r-e-alekseeva/nomera-za-2022-god>

**8. Фонд оценочных материалов для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации**

Содержание промежуточной аттестации раскрывается в комплекте контролирующих материалов, предназначенных для проверки соответствия уровня подготовки по дисциплине требованиям ФГОС, которые хранятся на кафедре-разработчике РПД в печатном виде и в ЭИОС.

**9. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем**

Для успешного освоения дисциплины используются ресурсы электронной информационно-образовательной среды, образовательные интернет-порталы, глобальная компьютерная сеть Интернет. В процессе изучения дисциплины происходит интерактивное взаимодействие обучающегося с преподавателем через личный кабинет студента.

| №пп | Используемое программное обеспечение |
|-----|--------------------------------------|
| 1   | APR FEM                              |
| 1   | LibreOffice                          |
| 2   | Windows                              |
| 3   | Антивирус Kaspersky                  |
| 3   | SOLIDWORKS 2015                      |
| 6   | Компас-3d                            |

| №пп | Используемые профессиональные базы данных и информационные справочные системы                                                                                                                                                                                                                                            |
|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1   | Национальная электронная библиотека (НЭБ) – свободный доступ читателей к фондам российских библиотек. Содержит коллекции оцифрованных документов (как открытого доступа, так и ограниченных авторским правом), а также каталог изданий, хранящихся в библиотеках России. ( <a href="http://нэб.рф/">http://нэб.рф/</a> ) |

**10. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

|                                                                                  |
|----------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы</b> |
| учебные аудитории для проведения учебных занятий                                 |
| помещения для самостоятельной работы                                             |

Материально-техническое обеспечение и организация образовательного процесса по дисциплине для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с «Положением об обучении инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья».