Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 23.10.2023 11:22:04
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ

Декан транспортного факультета

_____ /М.Н. Лукьянов/

«01» 08 2022 г.

# РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

# «Статистическая механика»

Направление подготовки

**23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства»**

Профиль

**«Перспективные транспортные средства»**

Квалификация (степень) выпускника

**инженер**

Форма обучения

**Очная**

Москва 2022 г.

## 1. Цели освоения дисциплины

К **основным целям** освоения дисциплины «Статистическая механика» следует отнести:

– подготовка студентов к деятельности в соответствии с квалификационной характеристикой инженера по направлению 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства»;

- ознакомление с процессом воздействия внешних и внутренних возмущений, носящих стохастический характер, на наземные транспортно-технологические средства (НТТС); изучение случайных процессов; формирование и упрощение динамических систем колесных и гусеничных машин; определение собственных частот и форм колебаний в динамических системах НТТС; освоение спектрального метода расчёта динамических систем НТТС; изучение динамической нагруженности трансмиссии и колебаний корпуса НТТС и способов её экспериментальной оценки.

## 2. Место дисциплины в структуре ООП специалитета

Дисциплина относится к числу учебных дисциплин обязательной части Блока 1 ООП специалитета (Б1.1.30).

Логически и содержательно-методически она взаимосвязана со следующими дисциплинами ООП:

- Математический анализ (Б1.1.39.2)
- Физика (Б1.1.39.3);
- Теоретическая механика (Б1.1.16);
- Прикладная теория колебаний (Б1.1.23);

## 3. Перечень планируемых результатов обучения дисциплине, соотнесенный с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

В результате освоения дисциплины у обучающегося формируются следующие компетенции и должны быть достигнуты следующие результаты обучения как этап формирования соответствующих компетенций:

| **Код и содержание компетенции** | **Индикаторы достижения компетенции** | **Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине** |
|---|---|---|
| ПК-4. Способен выполнить инженерные расчеты АТС | ИПК-4.1. Обладает знаниями методов и программнотехнических средств выполнения расчетов, методик проведения расчетов систем АТС и их компонентов, физических и | **Знать:**<br>- основы теории случайных процессов и их характеристики;<br>- источники стохастических возмущающих воздействий на НТТС;<br>- основы теории колебаний;<br>- программные комплексы, пригодные для моделирования случайных процессов и |

| | | |
|---|---|---|
| | механических характеристик конструкционных материалов АТС и их компонентов для выполнения инженерных расчетов АТС.<br><br>ИПК-4.2. Умеет применять знания методов и программнотехнических средств выполнения расчетов, методик проведения расчетов систем АТС и их компонентов, физических и механических характеристик конструкционных материалов АТС и их компонентов для выполнения инженерных расчетов АТС.<br><br>ИПК-4.3. владеет навыками выполнения инженерных расчетов АТС. | воздействия их на динамические системы НТС;<br>**Уметь:**<br>- анализировать случайные процессы и определять их характеристики;<br>- составлять и упрощать динамические системы НТТС, а также дифференциальные уравнения, описывающие их работу;<br>- решать простейшие задачи по исследованию случайных процессов и определению их вероятностных характеристик;<br>**Владеть:**<br>- методами преобразования случайных процессов динамическими системами;<br>- методами схематизации случайных процессов для оценки нагруженности элементов конструкций НТТС<br>- представлением о принципах моделирования случайных процессов и воздействия их на динамические системы НТС; |

## 4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачётных единицы (108 академических часа, из них 54 часа аудиторных занятий и 54 часа самостоятельной работы). Разделы дисциплины «Статистическая механика» изучаются в шестом семестре. Структура и содержание дисциплины «Статистическая механика» по срокам и видам работы отражены в Приложении 1. Форма промежуточной аттестации: зачет.

### Содержание дисциплины

1. Введение. Предмет статистической механики. Задачи дисциплины. Детерминированный и вероятностный подходы к проектированию.

2. Источники детерминированных и стохастических возмущающих воздействий на наземные транспортно-технологические средства.

3. Дискретные и непрерывные случайные величины, их законы распределения и вероятностные характеристики: математическое ожидание, дисперсия, среднеквадратичное отклонение.

4. Типовые распределения случайных величин: равномерное, биномиальное, Пуассона, нормальное, логарифмически-нормальное, Вейбулла, экспоненциальное, Рэлея и области их применения.

5. Системы случайных величин, их законы распределения и вероятностные характеристики: начальные и центральные моменты, корреляция.

6. Случайные процессы (функции) и их вероятностные характеристики: математическое ожидание, дисперсия, корреляционная функция.

7. Стационарные случайные процессы и их вероятностные характеристики: математическое ожидание, дисперсия, корреляционная функция.

8. Каноническое разложение случайных функций

9. Спектральное разложение стационарной случайной функции на конечном участке времени. Спектр дисперсий.

10. Спектральное разложение стационарной случайной функции на бесконечном участке времени. Спектральная плотность стационарной случайной функции.

11. Спектральное разложение случайной функции в комплексной форме

12. Эргодическое свойство стационарной случайной функции. Определение характеристик эргодической стационарной случайной функции по одной реализации.

13. Исследование случайных процессов (выполнение и защита РГР)

14. Составление и упрощение динамических систем, эквивалентных трансмиссиям наземных транспортно-технологических средств. Метод парциальных частот.

15. Составление систем линейных дифференциальных уравнений для трансмиссий наземных транспортно-технологических средств.

16. Определение собственных частот и форм колебательной системы трансмиссии.

17. Составление систем линейных дифференциальных уравнений для систем, эквивалентных системам подрессоривания наземных транспортно-технологических средств.

18. Вынужденные колебания механической системы. Передаточные функции. Амплитудно-частотные характеристики.

19. Преобразования Лапласа. Дифференциальные уравнения в операторной форме.

20. Спектральные методы расчёта динамической нагруженности систем транспортно-технологических средств. Преобразование случайных процессов динамическими системами.

21. Методы схематизации случайных процессов для оценки сопротивления усталости конструкций, закон линейного накопления повреждений, кривые усталости.

22. Методы и средства имитации эксплуатационной нагруженности конструкций на полигонах, стендах и на моделях.

23. Оценка адекватности математических моделей нагруженности конструкции по результатам расчётно-экспериментальных исследований.

24. Программный комплекс MSC Adams – виртуальное моделирование динамической нагруженности

## 5. Образовательные технологии

В соответствии с требованиями ФГОС ВПО по направлению подготовки

специалистов методика преподавания дисциплины «Статистическая механика» и реализация компетентностного подхода в изложении и восприятии материала предусматривает использование следующих активных и интерактивных форм проведения групповых, индивидуальных, аудиторных и внеаудиторных занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся:

– проведение лекционных занятий в аудиториях, снабженных техническими средствами обучения;

– организация и поддержание диалога в процессе сообщения студентам новых знаний;

– выполнение и групповое обсуждение и защита заданий на практических занятиях;

– выполнение и индивидуальная защита расчётно-графической работы.

## 6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

В процессе обучения используются следующие оценочные формы самостоятельной работы студентов, оценочные средства текущего контроля успеваемости и промежуточных аттестаций:

–выполнение расчётно-графической работы и её защита.

Оценочные средства текущего контроля успеваемости включают контрольные вопросы в процессе защиты расчётно-графической работы. Образцы контрольных вопросов и экзаменационных билетов приведены в Приложении 2.

### 6.1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.

#### 6.1.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

| Код компетенции | В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать |
|---|---|
| ПК-4 | Способен выполнить инженерные расчеты АТС. |

В процессе освоения образовательной программы данные компетенции, в том числе их отдельные компоненты, формируются поэтапно в ходе освоения обучающимися дисциплины в соответствии с учебным планом и календарным графиком учебного процесса.

### 6.1.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, формируемых по итогам освоения дисциплины, описание шкал оценивания

Показателем оценивания компетенций на различных этапах их формирования является достижение обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине.

Промежуточная аттестация обучающихся в форме зачета проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине, при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине выставляется оценка «зачтено» или «не зачтено».

К промежуточной аттестации допускаются только студенты, выполнившие индивидуальное задание.

**Шкалы оценивания результатов промежуточной аттестации и их описание.**

| ПК-4: Способен выполнить инженерные расчеты АТС. | | |
|---|---|---|
| **Показатель** | **Критерии оценивания** | |
| | **Не зачтено** | **Зачтено** |
| **Знать:** основы теории случайных процессов и их характеристики | Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующих знаний: основы теории случайных процессов и их характеристики. | Обучающийся демонстрирует достаточно полное соответствие следующих знаний: основы теории случайных процессов и их характеристики; оперирует приобретенными знаниями. |
| **Знать:** источники стохастических возмущающих воздействий на НТТС | Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующих знаний: источники стохастических возмущающих воздействий на НТТС. | Обучающийся демонстрирует достаточно полное соответствие следующих знаний: источники стохастических возмущающих воздействий на НТТС; оперирует приобретенными знаниями. |
| **Знать:** основы теории колебаний | Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующих знаний: основы теории колебаний. | Обучающийся демонстрирует достаточно полное соответствие следующих знаний: основы теории колебаний; оперирует приобретенными знаниями. |
| **Знать:** программные комплексы, пригодные для моделирования случайных процессов и воздействия их на динамические системы ННТС | Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующих знаний: программные комплексы, пригодные для моделирования случайных процессов и воздействия их на динамические системы ННТС. | Обучающийся демонстрирует достаточно полное соответствие следующих знаний: программные комплексы, пригодные для моделирования случайных процессов и воздействия их на динамические системы ННТС; оперирует приобретенными знаниями. |
| **Уметь:** | Обучающийся не умеет или в | Обучающийся демонстрирует достаточно |

| | | |
|---|---|---|
| анализировать случайные процессы и определять их характеристики | недостаточной степени умеет анализировать случайные процессы и определять их характеристики. | полное соответствие умения анализировать случайные процессы и определять их характеристики. Оперирует приобретенными умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности. |
| **Уметь:** составлять и упрощать динамические системы НТТС, а также дифференциальные уравнения, описывающие их работу | Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет составлять и упрощать динамические системы НТТС, а также дифференциальные уравнения, описывающие их работу. | Обучающийся демонстрирует достаточно полное соответствие умения составлять и упрощать динамические системы НТТС, а также дифференциальные уравнения, описывающие их работу. Оперирует приобретенными умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности. |
| **Уметь:** решать простейшие задачи по исследованию случайных процессов и определению их вероятностных характеристик | Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет решать простейшие задачи по исследованию случайных процессов и определению их вероятностных характеристик | Обучающийся демонстрирует достаточно полное соответствие умения решать простейшие задачи по исследованию случайных процессов и определению их вероятностных характеристик. Оперирует приобретенными умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности. |
| **Владеть:** методами преобразования случайных процессов динамическими системами | Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет методами преобразования случайных процессов динамическими системами. | Обучающийся в достаточно полном объеме владеет методами преобразования случайных процессов динамическими системами, применяет полученные навыки в ситуациях повышенной сложности. |
| **Владеть:** методами схематизации случайных процессов для оценки нагруженности элементов конструкций НТТС | Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет методами схематизации случайных процессов для оценки нагруженности элементов конструкций НТТС. | Обучающийся в достаточно полном объеме владеет методами схематизации случайных процессов для оценки нагруженности элементов конструкций автомобилей и тракторов, применяет полученные навыки в ситуациях повышенной сложности. |
| **Владеть:** представлением о принципах моделирования случайных процессов и воздействия их на динамические системы НТТС; | Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет представлением о принципах моделирования случайных процессов и воздействия их на динамические системы НТТС. | Обучающийся в достаточно полном объеме владеет представлением о принципах моделирования случайных процессов и воздействия их на динамические системы НТТС, применяет полученные навыки в ситуациях повышенной сложности. |

Фонды оценочных средств представлены в приложении 2 к рабочей

программе.

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

**а) основная литература**

1. Жеглов Л.Ф. Спектральный метод расчёта систем подрессоривания: учеб, пособие. - М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2013. - 212 с.

2. Полунгян А.А., Фоминых А.Б., Староверов Н.Н. Динамика колесных машин: учебное пособие. - 4.1/ Под ред. А.А. Полунгяна - М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2013. - 118 с.

3. Полунгян А.А., Фоминых А.Б., Староверов Н.Н. Динамика колесных машин: учебное пособие. - 4.2/ Под ред. А.А. Полунгяна - М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2013,- 114 с

**б) дополнительная литература**

1. Попык К.Г. Динамика автомобильных и тракторных двигателей. - М.: Высшая школа, 1970. - 328 с.

2. Ривин Е.И. Динамика привода станков. - М.: Машиностроение, 1966.-204 с.

3. Ротенберг Р. В. Подвеска автомобиля. - М.: Машиностроение, 1972. -392 с.

4. Савочкин В.А., Дмитриев А.А. Статистическая динамика транспортных и тяговых гусеничных машин. - М.: Машиностроение, 1993.-320 с.

5. Силаев А.А. Спектральная теория подрессоривания транспортных машин. 2-е изд. - М.: Машиностроение, 1972. - 192 с.

6. Щупляков В.С. Колебания и нагруженность трансмиссии автомобиля. - М.: Транспорт, 1974. - 328 с.

7. Яценко Н.Н., Щупляков В. С. Нагруженность трансмиссии автомобиля и ровность дороги. - М.: Транспорт, 1967. - 164 с.

8. Годжаев З.А. Совершенствование динамических характеристик силовых передач тракторов на основе метода. НАТИ. – М., 1994, с.1,9/1.9

9. Годжаев З.А., Свитачев А.И. Анализ динамической нагруженности трансмиссии гусеничного трактора при взаимодействии рабочих органов с переменной массой. Журнал «Тракторы и сельскохозяйственные машины», № 5, - 2005,с 0,4/0.2.

10. Годжаев З.А.,Фараджев Ф.А., Надеждин В.С. Анализ состояния расчетно-экспериментальных исследований несущих систем транспортных средств.Тракторы и сельхозмашины. – 2012. – № 2., С. 14-16

- Научно-технические журналы в области автомобилестроения и тракторостроения.

**в) электронно-образовательные ресурсы**

ЭОР находится в разработке.

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Аудитории кафедры «Наземные транспортные средства», оборудованные кодоскопом, проектором, экраном, компьютером.

## 9. Методические рекомендации для самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов представляет собой важнейшее звено учебного процесса, без правильной организации которого обучающийся не может быть высококвалифицированным выпускником. Самостоятельная работа является одним из видов учебных занятий. Цель самостоятельной работы – практическое усвоение студентами вопросов статистической механики транспортных средств, рассматриваемых в процессе изучения дисциплины. Самостоятельная работа студентов направлена на изучение теоретического материала, подготовку к лекционным и практическим занятиям, выполнение расчётно-графической работы.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию. Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется студентом по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия.

Задачами самостоятельной работы студента являются:

– развитие навыков самостоятельной учебной работы;

– освоение содержания дисциплины;

– углубление содержания и осознание основных понятий дисциплины;

– использование материала, собранного и полученного в ходе самостоятельных занятий для эффективной подготовки к экзамену.

Студент должен помнить, что начинать самостоятельные занятия следует с начала семестра и проводить их регулярно. Каждый студент должен сам планировать свою самостоятельную работу, исходя из своих возможностей и приоритетов. Это стимулирует выполнение работы, создает более спокойную обстановку, что в итоге положительно сказывается на усвоении материала.

Студент должен помнить, что в процессе обучения важнейшую роль играет самостоятельная работа с технической литературой. Научиться работать с технической литературой – важнейшая задача студента. Без этого навыка будет чрезвычайно трудно изучать программный материал, и много времени будет потрачено нерационально. Работа с технической литературой складывается из умения подобрать необходимые книги, разобраться в них, законспектировать, выбрать главное усвоить и применить на практике.

## 10.Методические рекомендации для преподавателя

Основным требованием к преподаванию дисциплины является творческий проблемно-диалоговый подход, позволяющий повысить интерес студентов к содержанию учебного материала.

Основная форма изучения и закрепления знаний по этой дисциплине – лекционная и практическая. Преподаватель должен последовательно прочитать студентам ряд лекций, в ходе которых следует сосредоточить внимание на ключевых моментах конкретного теоретического материала, а также организовать проведение практических занятий таким образом, чтобы активизировать мышление студентов, стимулировать самостоятельное извлечение ими необходимой информации из различных источников, сравнительный анализ методов решений, сопоставление полученных результатов, формулировку и аргументацию собственных взглядов на многие спорные проблемы.

На первом занятии по данной учебной дисциплине необходимо ознакомить студентов с порядком ее изучения, раскрыть место и роль дисциплины в системе наук, ее практическое значение, довести до студентов требования кафедры, ответить на вопросы.

Теоретическое изучение основных вопросов разделов дисциплины должно завершаться расчётно-графической работой.

Изучение дисциплины завершается зачётом. Оценка выставляется преподавателем и объявляется после ответа. Преподаватель, принимающий зачёт, лично несёт ответственность за правильность выставления оценки.

Программа составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства».

Программу составил:
профессор, д.т.н. /Годжаев З.А./

**Согласовано:**

Заведующий кафедрой
профессор, д.т.н. /Келлер А.В./

Приложение 1.

**Структура и содержание дисциплины «Статистическая механика» по направлению подготовки 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства» (профиль «Перспективные транспортные средства»)**

| Раздел | Семестр | Неделя семестра | Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость в часах | | | | | Виды самостоятельной работы студентов | | | | | Формы аттестации | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Л | П/С | Лаб. | СРС | КСР | К.Р. | К.П. | РГР | Реф. | К/Р | Э | З |
| 1. Введение. Предмет статистической механики. Задачи дисциплины. Детерминированный и вероятностный подходы к проектированию. 2. Источники детерминированных и стохастических возмущающих воздействий на наземные транспортно-технологические средства. | 6 | 1 | 2 | 1 | - | 3 | | | | | | | | |
| 3. Дискретные и непрерывные случайные величины, их законы распределения и вероятностные характеристики: математическое ожидание, дисперсия, среднеквадратичное отклонение. 4. Типовые распределения случайных величин: равномерное, биномиальное, Пуассона, нормальное, логарифмически-нормальное, Вейбулла, экспоненциальное, Рэлея и области их применения. | 6 | 2 | 2 | 1 | - | 3 | | | | | | | | |
| 5. Системы случайных величин, их законы распределения и вероятностные характеристики: начальные и центральные моменты, корреляция. | 6 | 3 | 2 | 1 | - | 3 | | | | | | | | |
| 6. Случайные процессы (функции) и их вероятностные характеристики: математическое ожидание, дисперсия, корреляционная функция. | 6 | 4 | 2 | 1 | - | 3 | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7. Стационарные случайные процессы и их вероятностные характеристики: математическое ожидание, дисперсия, корреляционная функция. | 6 | 5 | 2 | 1 | - | 3 | | | | | | | | |
| 8. Каноническое разложение случайных функций<br>9. Спектральное разложение стационарной случайной функции на конечном участке времени. Спектр дисперсий. | 6 | 6 | 2 | 1 | - | 3 | | | | | | | | |
| 10. Спектральное разложение стационарной случайной функции на бесконечном участке времени. Спектральная плотность стационарной случайной функции. | 6 | 7 | 2 | 1 | - | 3 | | | | | | | | |
| 11. Спектральное разложение случайной функции в комплексной форме | 6 | 8 | 2 | 1 | - | 3 | | | | | | | | |
| 12. Эргодическое свойство стационарной случайной функции. Определение характеристик эргодической стационарной случайной функции по одной реализации. | 6 | 9 | 2 | 1 | - | 3 | | | | | | | | |
| 13. Исследование случайных процессов (выполнение и защита РГР)<br>14. Составление и упрощение динамических систем, эквивалентных трансмиссиям наземных транспортно-технологических средств. Метод парциальных частот.<br>15. Составление систем линейных дифференциальных уравнений для трансмиссий наземных транспортно-технологических средств. | 6 | 10 | 2 | 1 | - | 3 | | | | + | | | | |
| 16. Определение собственных частот и форм колебательной системы трансмиссии.<br>17. Составление систем линейных дифференциальных уравнений для систем, эквивалентных системам подрессоривания наземных транспортно-технологических средств. | 6 | 11 | 2 | 1 | - | 3 | | | | + | | | | |
| 18. Вынужденные колебания механической системы. Передаточные функции. Амплитудно- | 6 | 12 | 2 | 1 | - | 3 | | | | + | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| частотные характеристики. | | | | | | | | | | | | | | |
| 19. Преобразования Лапласа. Дифференциальные уравнения в операторной форме. | 6 | 13 | 2 | 1 | - | 3 | | | | | | | | |
| 20. Спектральные методы расчёта динамической нагруженности систем транспортно-технологических средств. Преобразование случайных процессов динамическими системами. | 6 | 14 | 2 | 1 | - | 3 | | | | + | | | | |
| 21. Методы схематизации случайных процессов для оценки сопротивления усталости конструкций, закон линейного накопления повреждений, кривые усталости. | 6 | 15 | 2 | 1 | - | 3 | | | | + | | | | |
| 22. Методы и средства имитации эксплуатационной нагруженности конструкций на полигонах, стендах и на моделях. | 6 | 16 | 2 | 1 | - | 3 | | | | + | | | | |
| 23. Оценка адекватности математических моделей нагруженности конструкции по результатам расчётно-экспериментальных исследований. | 6 | 17 | 2 | 1 | - | 3 | | | | + | | | | |
| 24. Программный комплекс MSC Adams – виртуальное моделирование динамической нагруженности | 6 | 18 | 2 | 1 | - | 3 | | | | + | | | | |
| Форма аттестации | 6 | 19-21 | 36 | 18 | - | 54 | | | | | | | | З |
| Всего часов по дисциплине | | | 36 | 18 | - | 54 | | | | РГР | | | | З |

Приложение 2 к
рабочей программе

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)**

Направление подготовки: 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства

профиль «Перспективные транспортные средства»

Форма обучения: очная

Кафедра: Наземные транспортные средства

# ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

# ПО ДИСЦИПЛИНЕ «Статистическая механика»

Состав: 1. Паспорт фонда оценочных средств

2. Описание оценочных средств:

**Составитель:**

**Годжаев З.А., д.т.н., профессор**

Москва, 2022 г.

Таблица 1

## ПОКАЗАТЕЛЬ УРОВНЯ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ

| В процессе освоения данной дисциплины студент формирует и демонстрирует следующие профессиональные компетенции | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **КОМПЕТЕНЦИИ** | | **Перечень компонентов** | **Технология формирования компетенций** | **Форма оценочного средства**** | **Степени уровней освоения компетенций** |
| **Индекс** | **Формулировка** | | | | |
| **ПК-4** | Способен выполнить инженерные расчеты АТС. | **Знать:**<br>- основы теории случайных процессов и их характеристики;<br>- источники стохастических возмущающих воздействий на НТТС;<br>- основы теории колебаний;<br>- программные комплексы, пригодные для моделирования случайных процессов и воздействия их на динамические системы НТТС;<br>**Уметь:**<br>- анализировать случайные процессы и определять их характеристики;<br>- составлять и упрощать динамические системы НТТС, а также дифференциальные уравнения, описывающие их работу;<br>- решать простейшие задачи по исследованию случайных процессов и определению их вероятностных характеристик;<br>**Владеть:**<br>- методами преобразования случайных процессов динамическими системами;<br>- методами схематизации случайных процессов для оценки нагруженности элементов конструкций НТТС<br>- представлением о принципах моделирования случайных процессов и воздействия их на динамические системы | лекция, самостоятельная работа, семинарские занятия | РГР, УО | **Базовый уровень**<br>- способен освоить соответствующее прикладное программное обеспечение<br>**Повышенный уровень**<br>- способен использовать соответствующее прикладное программное обеспечение |

## Перечень оценочных средств по дисциплине

Статистическая механика

| № ОС | Наименование оценочного средства | Краткая характеристика оценочного средства | Представление оценочного средства в ФОС |
|---|---|---|---|
| 1 | Защита расчётно-графической работы, (РГР) | Средство контроля, организованное как специальная беседа педагогического работника с обучающимся на темы, связанные с выполненной расчётно-графической работой, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по теме выполненной работы | Задание на выполнение и вопросы по темам/разделам расчётно-графической работы |
| 2 | Устный опроссобеседование, (УО) | Средство контроля, организованное как специальная беседа педагогического работника с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п. | Вопросы по темам/разделам дисциплины |

## Задание на выполнение расчётно-графической работы «Исследование случайных процессов»

В специальную программу (Генератор СФ) следует ввести случайные числа, по которым будет построена функция, условно имитирующая стационарный случайный процесс. Функция задана таблично в виде зависимости X(t). Считая процесс эргодическим, необходимо:

1. Оценить частотный состав (максимальную $\omega_{max}$ и минимальную $\omega_{min}$ частоты, присущие случайному процессу);

2. Оценить необходимую продолжительность $T_{пр}$ эргодического случайного процесса, сравнить фактическую продолжительность с необходимой;

3. Проверить правильность заданного шага квантования случайного процесса $\Delta t$;

4. Разбить значения процесса на интервалы группирования, подсчитать число значений $n_i$, попавшие в каждый интервал группирования, построить гистограмму плотности распределения случайного процесса;

5. Построить гистограмму функции распределения случайного процесса;

6. Найти оценки числовых характеристик распределения: математического ожидания $m_x$, дисперсии $D_x$ и среднеквадратического отклонения $\sigma_x$;

7. Подобрать аналитические выражения для закона распределения случайного процесса, построить соответствующие теоретические кривые плотности и функции распределения случайного процесса f(x) и F(x) соответственно;

8. Вычислить корреляционную функцию $k_x(\tau)$ и нормированную корреляционную функцию $\rho_x(\tau)$, построить их графики;

9. Построить спектр распределения дисперсий стационарной случайной функции по частотам $D_k(\omega_k)$.

10. Построить условный график спектральной плотности $S_x(\omega)$.

**Требования к оформлению работы.**

Работа должна быть выполнена на листах формата А4 и включать в себя следующие обязательные элементы:

1. Титульный лист с указанием ФИО и номера учебной группы исполнителя;
2. Исходные данные в виде таблицы с случайными числами, введёнными в программу построения функции (Генератор СФ);
3. График полученной функции X(t);
4. Формулы, использованные при расчётах;
5. Результаты выполнения каждого из этапов задания (1-10).

**Контрольные вопросы для защиты расчётно-графической работы.**

1. Понятия случайной величины и случайной функции (случайного процесса);
2. Понятия стационарного и эргодического случайных процессов;
3. Определение периодов наиболее высокочастотной и низкочастотной составляющих случайного процесса;
4. Выбор необходимой продолжительности эргодического случайного процесса;
5. Понятие шага квантования случайного процесса и его выбор для заданного случайного процесса;
6. Основные характеристики случайной величины и случайной функции (случайного процесса) и их определения;
7. Понятие закона распределения случайной величины;
8. Экспериментальное построение гистограмм распределения случайной величины;
9. Основные числовые характеристики случайной величины и их определения;
10. Нормальный закон распределения случайной величины в интегральной и дифференциальной форме: аналитическое и графическое представление;
11. Понятие корреляции двух случайных величин;
12. Корреляционная функция случайного процесса: понятие, физический смысл, метод построения;
13. Понятие о каноническом разложении случайной функции;

14. Спектр распределения дисперсий стационарной случайной функции по частотам $D_k(\omega_k)$: понятие, физический смысл, метод построения;

15. Функция спектральной плотности: понятие, физический смысл, метод построения;

16. Взаимосвязь между корреляционной функцией и спектральной плотностью, преобразования Фурье.

**Вопросы для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.**

1. Место статистической динамики в проектировании автомобилей и тракторов.
2. Случайные процессы и их характеристики.
3. Расчёт долговечности конструкций с учетом случайных нагрузок.
4. Спектральные характеристики случайных процессов.
5. Пространственные расчётные модели и схемы вертикальных и крутильных колебаний НТТС.
6. Оценки статистических характеристик случайных процессов.
7. Допущения при выборе расчётных схем крутильных колебаний НТТС.
8. Микропрофиль опорных поверхностей как случайный процесс.
9. Расчёт собственных частот 3-х массовой крутильно-колебательной системы.
10. Возмущающие воздействия на наземное транспортно-технологическое средство (НТТС) и его системы.
11. Гармонические составляющие возмущающих воздействий на силовую передачу НТТС от газовых и инерционных сил ДВС.
12. Разработка динамической модели, эквивалентной трансмиссии наземного транспортно-технологического средства.
13. Оценка нагруженности конструкции с помощью МКЭ.
14. Дифференциальные уравнения крутильных колебаний в трансмиссии НТТС.
15. Особенности воспроизведения эксплуатационных режимов нагружения на стендовые испытаниях на прочность и долговечность НТТС.
16. Определение параметров системы, эквивалентной трансмиссии НТТС.
17. Экспериментальные методы оценки нагруженности НТТС.
18. Методика понижения порядка многомассовой крутильной динамической системы.
19. Программные средства расчёта НДС конструкций с учетом случайного характера нагрузок.

20. Методы определения частот и форм свободных крутильных колебаний.

21. Моделирование случайных процессов: метод Монте-Карло.

22. Определение частот и форм свободных крутильных колебаний.

23. Методы схематизации случайных процессов: метод полных циклов, метод экстремумов, метод размахов.

24. Разработка динамической модели, эквивалентной системе подрессоривания НТТС.

25. Оценка воздействия динамической нагруженности конструкции на её сопротивления усталости.

26. Дифференциальные уравнения колебаний системы подрессоривания НТТС.

27. Определение приведенных инерционных и упруго-демпфирующих характеристик крутильно-колебательной динамической системы.

28. Преобразования Лапласа.

29. Детерминированные, полуслучайные и случайные процессы.

30. Дифференциальные уравнения крутильных колебаний в трансмиссии НТТС в операторной форме.

31. Разработка расчётной модели, эквивалентной трансмиссии наземного транспортно-технологического средства: сосредоточенные и распределённые.

32. Методы схематизации случайных процессов нагружения конструкции.

33. Программные средства моделирования динамических процессов и расчета напряженно-деформированного состояния элементов конструкции мобильных машин.

34. Передаточная функция динамической системы.

35. Влияние параметров системы подрессоривания на средние квадратичные значения ускорений колебаний НТТС.

36. Частотные характеристики трансмиссии НТТС.

37. Спектральные плотности средних квадратичных значений ускорений системы подрессоривания НТТС при её движении по неровным дорогам.

38. Спектральные плотности средних квадратичных значений моментов в трансмиссии НТТС при её движении по неровным дорогам.

39. Частотные характеристики системы подрессоривания НТТС.