

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения
Императора Александра I»
(ФГБОУ ВО ПГУПС)

Кафедра «Механика и прочность материалов и конструкций»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины

Б1.О.25 «ПРИКЛАДНАЯ ТЕОРИЯ КОЛЕБАНИЙ»

для специальности

23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства»

по специализации

*«Подъемно-транспортные, строительные, дорожные
средства и оборудование»*

Форма обучения – очная, заочная

Санкт-Петербург
2025

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры «Механика и прочность материалов и конструкций»

Протокол № 6 от 18. 12. 2024 г

Заведующий кафедрой
«Механика и прочность материалов и
конструкций»

_____ 20 __ г.

_____ *С.А. Видюшенко*

СОГЛАСОВАНО

Руководитель ОПОП ВО

_____ 20 __ г.

_____ *А.А. Воробьев*

1. Цели и задачи дисциплины

Рабочая программа дисциплины «*Прикладная теория колебаний*» (Б1.О.25) (далее – дисциплина) составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования для специальности 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства» (далее – ФГОС ВО), утвержденного 11.08.2020 г., приказ Минобрнауки России № 935.

Целью изучения дисциплины является приобретение студентом способностей ставить и решать инженерные и научно-технические задачи в области механического взаимодействия и механического движения механических систем с использованием естественнонаучных и математических моделей.

Для достижения цели дисциплины решаются следующие задачи:

- знание основных понятий и законов теории колебаний,
- знание методов математического анализа и моделирования для постановки инженерных и технических задач;
- умение использовать математический аппарат для разработки математических моделей колебательных процессов при решении инженерных задач в профессиональной деятельности;
- владение основными методами теоретического и экспериментального исследования колебательных процессов и явлений.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций

Планируемыми результатами обучения по дисциплине (модулю) является формирование у обучающихся компетенций и/или части компетенций. Сформированность компетенций и/или части компетенций оценивается с помощью индикаторов достижения компетенций.

Индикаторы достижения компетенций	Результаты обучения по дисциплине (модулю)
<i>ОПК-5. Способен применять инструментарий формализации инженерных, научно-технических задач, использовать прикладное программное обеспечение при расчете, моделировании и проектировании технических объектов и технологических процессов.</i>	
<i>ОПК-5.2.3 Умеет применять колебательные процессы при расчете, моделировании и проектировании технических объектов и технологических процессов</i>	<i>Обучающийся умеет:</i> <ul style="list-style-type: none">– применять основные понятия малых колебаний механической системы около положения равновесия (понятия об обобщённых координатах, обобщённых скоростях и обобщённых силах) для моделирования и проектирования технологических процессов;– применять основные понятия и законы устойчивости равновесия системы в консервативном силовом поле;– использовать теорию колебаний для характеристики колебательного процесса;– применять основные понятия и методы математического анализа свободных колебаний линейной механической системы с одной степенью свободы без учета сопротивления;– применять основные понятия и методы математического анализа свободных колебаний линейной механической системы с одной степенью свободы с учетом сопротивления;– применять основные понятия и методы математического анализа свободных колебаний линейной механической системы с одной степенью свободы с учетом влияния сопротивления и вынуждающей силы;

Индикаторы достижения компетенций	Результаты обучения по дисциплине (модулю)
	<ul style="list-style-type: none"> – применять методы математического анализа явления резонанса и явления биений в случае вынужденных колебаний линейной механической системы с одной степенью свободы; – применять методы математического анализа влияния вязкого сопротивления на вынужденные колебания линейной механической системы с одной степенью свободы – применять основные понятия и законы, описывающие свободные колебания линейной механической системы с двумя степенями свободы без учета сопротивления; – применять основные понятия и законы, описывающие вынужденные колебания механической системы с двумя степенями свободы; – применять методы математического анализа явления резонанса в случае вынужденных колебаний без сопротивления в линейной механической системе с двумя степенями свободы. – использовать физико-математический аппарат для разработки математической модели свободного колебательного процесса в линейной механической системе с одной степенью свободы без учета сопротивления; – использовать физико-математический аппарат для разработки математической модели затухающего колебательного процесса в линейной механической системе с одной степенью свободы с учетом сопротивления; – использовать физико-математический аппарат для разработки математической модели вынужденного колебательного процесса в линейной механической системе с одной степенью свободы с учетом вынуждающей силы и вязкого сопротивления; – использовать физико-математический аппарат для исследования явления резонанса в линейной механической системе с одной степенью свободы с учетом вынуждающей силы и силы вязкого сопротивления; – использовать физико-математический аппарат для разработки математической модели свободного колебательного процесса в линейной механической системе с двумя степенями свободы без учета сопротивления.
<p><i>ОПК-5.3.3</i> Владеет навыками применения колебательных процессов при расчете, моделировании и проектировании технических объектов и технологических процессов</p>	<p><i>Обучающийся владеет :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – - навыками расчета и определения аварийных режимов в наземных транспортно-технологических средствах исходя из резонансных состояний системы, из усталостных разрушений при циклических нагрузках; – - навыками применения теории колебаний для обеспечения нормальных условий работы наземных транспортно-технологических средств; – - навыками применения теории колебаний для защиты оператора наземных транспортно-технологических средств от вредного воздействия вибраций и шумов;

Индикаторы достижения компетенций	Результаты обучения по дисциплине (модулю)
	- навыками использования колебаний для осуществления технологических и транспортных операций

3. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы

Дисциплина относится к обязательной части блока 1 «Дисциплины (модули)».

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Для очной формы обучения:

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр
		4
Контактная работа (по видам учебных занятий)	48	48
В том числе:		
– лекции (Л)	16	16
– практические занятия (ПЗ)	32	32
– лабораторные работы (ЛР)	-	-
Самостоятельная работа (СРС) (всего)	56	56
Контроль	4	4
Форма контроля (промежуточной аттестации)	3, КР	3, КР
Общая трудоемкость: час / з.е.	108 / 3	108 / 3

Для заочной формы обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр
		4
Контактная работа (по видам учебных занятий)	10	10
В том числе:		
– лекции (Л)	4	4
– практические занятия (ПЗ)	6	6
– лабораторные работы (ЛР)	-	-
Самостоятельная работа (СРС) (всего)	94	94
Контроль	4	4
Форма контроля (промежуточной аттестации)	3, КР	3, КР
Общая трудоемкость: час / з.е.	108 / 3	108 / 3

Примечание: «Форма контроля» –зачет (З), курсовая работа (КР).

5. Структура и содержание дисциплины

5.1. Разделы дисциплины и содержание рассматриваемых вопросов

Для очной формы обучения

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Индикаторы достижения компетенций
1	Устойчивость равновесия системы в консервативном силовом поле	Лекция 1. Малые колебаний системы. Малые колебаний системы около положения устойчивого равновесия. Кинетическая энергия механической системы с одной, двумя и s степенями свободы. Потенциальная энергия механической системы с одной, двумя и s степенями свободы. Свободные колебания механической системы (2 часа)	ОПК-5.2.3 .
		Лекция 2. Устойчивость положения равновесия механической системы Положения покоя консервативной механической системы. Теорема Лагранжа-Дирихле об устойчивости равновесия консервативной системы. Потенциальная энергия. Устойчивость равновесия консервативной системы с конечным числом степеней свободы. Критерий Сильвестра.(2 часа)	ОПК-5.2.3 .
		Практическое занятие № 1. Определение потенциальной энергии механической системы с одной и несколькими степенями свободы. Условие устойчивого равновесия. Критерий Сильвестра. (2 часа)	
		Самостоятельная работа. Глава I печатного издания № 2 из п.8.5. Курсовая работа. (6 часов)	ОПК-5.2.3 .
2	Механические системы с одной степенью свободы	Лекция 3-4. Виды колебаний. Свободные колебания линейной механической системы с одной степенью свободы с учетом сопротивления. Основные характеристики свободных колебаний. Влияние вязкого сопротивления на свободные колебания линейной механической системы с одной степенью свободы. Дифференциальное уравнение свободных колебаний при наличии вязкого сопротивления. Декремент колебаний. Фазовые траектории. Фазовые портреты. Три случая соотношения собственной частоты механической системы и коэффициента затухания. (4 часа)	ОПК-5.2.3 .
		Практическое занятие № 2. Свободные колебания механической системы с одной степенью свободы. Параметры свободных колебаний. Потенциальная энергия механической системы. (2 часа)	ОПК-5.2.3 .
		Практические занятия № 3 и № 4. Малые колебания механической системы с несколькими степенями свободы с учетом сил вязкого сопротивления. Кинематический анализ механической системы с одной степенью свободы. Кинетическая энергия механической системы. Анализ действующих сил и их мощности. Нахождение обобщенных сил. Выделение коэффициентов инертности, жесткости, диссипации механической системы. Составление и решение дифференциального уравнения свободных колебаний с учетом сил вязкого сопротивления (уравнение Лагранжа 2 рода). Определение вида	ОПК-5.2.3 .

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Индикаторы достижения компетенций
		колебательного процесса. Моделирование колебательного процесса в Mathcad. (4 часа)	
		Самостоятельная работа. Глава II печатного издания № 2 из п.8.5. Курсовая работа. (10 часов)	ОПК-5.3.3
		Практические занятия № 5, № 6 . Вынужденные колебания механической системы с одной степенью свободы без учета сил сопротивления и с учетом сил сопротивления среды. Кинематический анализ механической системы с одной степенью свободы. Кинетическая энергия механической системы. Анализ действующих сил и их мощности. Нахождение обобщенных сил. Нахождение приведенной амплитуды вынуждающей силы. Условие резонанса. Выделение коэффициентов инертности, жесткости, диссипации механической системы. Составление и решение дифференциального уравнения вынужденных колебаний с учетом сил вязкого сопротивления (уравнение Лагранжа 2 рода). Моделирование колебательного процесса в Mathcad. (4 часов)	ОПК-5.2.3 .
		Лекция 5. Вынужденные колебания линейной механической системы с одной степенью свободы без учета сопротивления. Явление резонанса. Явление биений. Случай действия на линейную механическую систему с одной степенью свободы гармонической возмущающей силы. Дифференциальное уравнение вынужденных колебаний механической системы с одной степенью свободы без учета сопротивления. Коэффициент динамичности. Явление резонанса. Явление биений.(2 часа)	ОПК-5.2.3 . ОПК-5.3.3
		Лекция 6. Влияние вязкого сопротивления на вынужденные колебания линейной механической системы с одной степенью свободы. Дифференциальное уравнение вынужденных колебаний линейной механической системы при наличии вязкого сопротивления. Общее решение дифференциального уравнения при различных соотношениях собственной частоты свободных колебаний механической системы и коэффициента затухания. Коэффициент динамичности. (2 часа)	ОПК-5.2.3 .
		Самостоятельная работа. Глава III печатного издания № 2 из п.8.5. Курсовая работа. (10 часов)	ОПК-5.2.3 .
3	Механические системы с двумя степенями свободы	Лекция № 7. Свободные колебания линейной механической системы с двумя степенями свободы без учета сопротивления. Дифференциальные уравнения свободных колебаний линейной системы с двумя степенями свободы без учета сопротивления. Уравнение частот. Главные колебания системы. Формы колебаний. Главные координаты. (2 часа)	ОПК-5.2.3 .

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Индикаторы достижения компетенций
		<p>Практические занятия № 7 , № 8, № 9. Свободные колебаний механической системы с двумя степенями свободы. Кинематический анализ механической системы с двумя степенями свободы. Кинетическая энергия механической системы. Анализ действующих сил и их мощности. Нахождение обобщенных сил. Выделение коэффициентов инертности, жесткости механической системы с двумя степенями свободы. Составление и решение системы дифференциальных уравнения свободных колебаний механической системы с двумя степенями свободы. Коэффициенты распределения. Главные координаты. Моделирование колебательного процесса в Mathcad. (6 часов)</p>	
		<p>Лекция № 8. Вынужденные колебания линейной механической системы с двумя степенями свободы без учета сопротивления. Дифференциальные уравнения вынужденных колебаний линейной механической системы с двумя степенями свободы без учета сопротивления. Частные решения дифференциальных уравнений в случае резонанса. Амплитудно-частотная характеристика системы. Фазо-частотная характеристика механической системы. Динамический гаситель колебаний. Случай антирезонанса. (2 часа)</p>	ОПК-5.2.3 .
		<p>Практические занятия № 10 , № 11, № 12. Вынужденные колебания механической системы с двумя степенями свободы. Кинематический анализ механической системы с двумя степенями свободы. Кинетическая энергия механической системы. Анализ действующих сил и их мощности. Нахождение обобщенных сил. Выделение коэффициентов инертности, жесткости, механической системы с двумя степенями свободы. Нахождение приведенных амплитуд вынуждающих сил. Составление и решение системы дифференциальных уравнения вынужденных колебаний механической системы с двумя степенями свободы. Коэффициенты распределения. Моделирование колебательного процесса в Mathcad. (6 часов)</p>	ОПК-5.2.3 .
		<p>Самостоятельная работа. Главы IV, V печатного издания №2 из п.8.5. Курсовая работа. (10 часов)</p>	ОПК-5.2.3 .
		<p>Практические занятия № 13 , № 14. Свободные колебания механической системы с конечным числом степеней свободы. Дифференциальные уравнения свободных колебаний консервативной системы и их общее решение. Матрицы коэффициентов инерции, жесткости и коэффициентов влияния. Собственные числа и собственные вектора матрицы. Общее решение</p>	ОПК-5.3.3

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Индикаторы достижения компетенций
		дифференциальных уравнений свободных колебаний в главных координатах. (4 часа)	
		Практические занятия № 15 , № 16. Вынужденные колебания механической системы с конечным числом степеней свободы. Дифференциальные уравнения вынужденных колебаний консервативной системы и их общее решение. Явление резонанса. Дифференциальные уравнения вынужденных колебаний в главных координатах и их общее решение. Тест. (4 часа)	<i>ОПК-5.2.3 .</i>
		Самостоятельная работа. Главы VI, VII печатного издания № 2 из п.8.5. Курсовая работа. (20 часов)	<i>ОПК-5.2.3 . ОПК-5.3.3</i>

Для заочной формы обучения:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Индикаторы достижения компетенций
1	Устойчивость равновесия системы в консервативном силовом поле	Лекция 1. Малые колебаний системы. Устойчивость положения равновесия механической системы. Виды колебаний. Малые колебаний системы около положения устойчивого равновесия. Кинетическая энергия механической системы с одной, двумя и s степенями свободы. Потенциальная энергия механической системы с одной, двумя и s степенями свободы. Положения покоя консервативной механической системы. Теорема Лагранжа-Дирихле об устойчивости равновесия консервативной системы. Потенциальная энергия. Устойчивость равновесия консервативной системы с конечным числом степеней свободы. Критерий Сильвестра. Свободные колебания линейной механической системы с одной степенью свободы без учета сопротивления. Основные характеристики свободных колебаний. Вынужденные колебания линейной механической системы с одной степенью свободы без учета сопротивления. Явление резонанса. Явление биений. (2 часа)	<i>ОПК-5.2.3. ОПК-5.3.3</i>
		Самостоятельная работа. Глава I -II печатного издания № 2 из п.8.5. Курсовая работа.(30 часов)	<i>ОПК-5.2.3.</i>
2	Механические системы с конечным числом степеней свободы	Лекция 2. Виды колебаний. Влияние вязкого сопротивления на свободные колебания линейной механической системы с одной степенью свободы. Дифференциальное уравнение свободных колебаний при наличии вязкого сопротивления. Декремент колебаний. Фазовые траектории. Фазовые портреты.	<i>ОПК-5.2.3. ОПК-5.3.3</i>

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Индикаторы достижения компетенций
		Три случая соотношения собственной частоты колебаний механической системы и коэффициента затухания. Свободные колебания механической системы с двумя степенями свободы. (4 часа)	
		Практическое занятие № 1. Свободные колебания механической системы с одной степенью свободы. Параметры свободных колебаний. Потенциальная энергия механической системы. (2 часа)	<i>ОПК-5.2.3.</i>
		Самостоятельная работа. Глава III –V печатного издания № 2 из п.8.5. Курсовая работа. (30 часов)	<i>ОПК-5.2.3.</i>
		Практические занятия № 2 и № 3 . Малые колебания механической системы с одной степенью свободы с учетом сил вязкого сопротивления. Вынужденные колебания. Кинематический анализ механической системы с одной степенью свободы. Кинетическая энергия механической системы. Анализ действующих сил и их мощности. Нахождение обобщенных сил. Выделение коэффициентов инертности, жесткости, диссипации механической системы. Составление и решение дифференциального уравнения свободных колебаний с учетом сил вязкого сопротивления и возмущающей силы. (уравнение Лагранжа 2 рода). Определение вида колебательного процесса. (4 часа)	<i>ОПК-5.2.3. ОПК-5.3.3</i>
		Самостоятельная работа. Глава VI-VII печатного издания № 2 из п.8.5. Курсовая работа. (34 часа)	<i>ОПК-5.2.3.</i>

5.2. Разделы дисциплины и виды занятий

Для очной формы обучения: ¹

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Л	ПЗ	СРС	Всего
1	Устойчивость равновесия системы в консервативном силовом поле	4	2	6	12
2	Механические системы с одной степенью свободы	8	10	20	38
3	Механические системы с конечным числом степеней свободы	4	20	30	54
	Итого	16	32	56	104
Контроль					4
Всего (общая трудоемкость, час.)					108

Для заочной формы обучения:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Л	ПЗ	СРС	Всего
1	Устойчивость равновесия системы в консервативном силовом поле	1	1	30	32
2	Механические системы с одной и двумя степенями свободы	3	5	64	72
	Итого	4	6	94	104

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Л	ПЗ	СРС	Всего
Контроль					4
Всего (общая трудоемкость, час.)					108

6. Оценочные материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Оценочные материалы по дисциплине являются неотъемлемой частью рабочей программы и представлены отдельным документом, рассмотренным на заседании кафедры и утвержденным заведующим кафедрой.

7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Порядок изучения дисциплины следующий:

1. Освоение разделов дисциплины производится в порядке, приведенном в разделе 5 «Содержание и структура дисциплины». Обучающийся должен освоить все разделы дисциплины, используя методические материалы дисциплины, а также учебно-методическое обеспечение, приведенное в разделе 8 рабочей программы.

2. Для формирования компетенций обучающийся должен представить выполненные задания, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, предусмотренные текущим контролем успеваемости (см. оценочные материалы по дисциплине).

3. По итогам текущего контроля успеваемости по дисциплине, обучающийся должен пройти промежуточную аттестацию (см. оценочные материалы по дисциплине).

8. Описание материально-технического и учебно-методического обеспечения, необходимого для реализации образовательной программы по дисциплине

8.1. Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой специалитета, укомплектованные специализированной учебной мебелью и оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории: настенным экраном (стационарным или переносным), маркерной доской и (или) меловой доской, мультимедийным проектором (стационарным или переносным).

Все помещения, используемые для проведения учебных занятий и самостоятельной работы, соответствуют действующим санитарным и противопожарным нормам и правилам.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

8.2. Университет обеспечен необходимым комплектом лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства:

- MS Office;
- Операционная система Windows;
- Антивирус Касперский;
- Программная система для обнаружения текстовых заимствований в учебных и научных работах «Антиплагиат.ВУЗ»;
- Mathcad Education

8.3. Обучающимся обеспечен доступ (удаленный доступ) к современным профессиональным базам данных:

- Электронно-библиотечная система издательства «Лань». [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/> — Режим доступа: для авториз. пользователей;
- Электронно-библиотечная система ibooks.ru («Айбукс»). – URL: <https://ibooks.ru/> — Режим доступа: для авториз. пользователей;
- Электронная библиотека ЮРАЙТ. – URL: <https://urait.ru/> — Режим доступа: для авториз. пользователей;
- Единое окно доступа к образовательным ресурсам - каталог образовательных интернет-ресурсов и полнотекстовой электронной учебно-методической библиотеке для общего и профессионального образования». – URL: <http://window.edu.ru/> — Режим доступа: свободный.
- Словари и энциклопедии. – URL: <http://academic.ru/> — Режим доступа: свободный.

– Научная электронная библиотека "КиберЛенинка" - это научная электронная библиотека, построенная на парадигме открытой науки (Open Science), основными задачами которой является популяризация науки и научной деятельности, общественный контроль качества научных публикаций, развитие междисциплинарных исследований, современного института научной рецензии и повышение цитируемости российской науки. – URL: <http://cyberleninka.ru/> — Режим доступа: свободный.

8.4. Обучающимся обеспечен доступ (удаленный доступ) к информационным справочным системам:

– Национальный Открытый Университет "ИНТУИТ". Бесплатное образование. [Электронный ресурс]. – URL: <https://intuit.ru/> — Режим доступа: свободный.

8.5. Перечень печатных и электронных изданий, используемых в образовательном процессе:

– Стрелков, С. П. Введение в теорию колебаний : учебник для вузов / С. П. Стрелков. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 440 с. — ISBN 978-5-8114-7343-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/158954> (дата обращения: 25.04.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

– Опарина, Е. В. Прикладная теория колебаний : учебное пособие / Е. В. Опарина, С. В. Орлов. — Санкт-Петербург : ПГУПС, 2024. — 76 с. — ISBN 978-5-7641-1958-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/439526> (дата обращения: 19.05.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

8.6. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», используемых в образовательном процессе:

1. Личный кабинет ЭИОС [Электронный ресурс]. – URL: my.pgups.ru — Режим доступа: для авториз. пользователей;

2. Электронная информационно-образовательная среда. [Электронный ресурс]. – URL: <https://sdo.pgups.ru> — Режим доступа: для авториз. пользователей;

3. Электронно-библиотечная система издательства «Лань» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://e.lanbook.com> (для доступа к полнотекстовым документам требуется авторизация)

4. Промышленный портал Complexdoc [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.complexdoc.ru/>, свободный.

5. 2. Нормативные базы ГОСТ/СП/СНиП [Электронный ресурс] – Режим доступа : <http://www.files.stroinf.ru/>, свободный.

Разработчик рабочей программы,
доцент

_____ 20__ г.

_____ Е.В. Опарина