



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра Наземных транспортно-технологических машин

УТВЕРЖДАЮ
Начальник учебно-методического управления

«29» июня 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Теория устойчивости механических систем

направление подготовки/специальность 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства

направленность (профиль)/специализация образовательной программы Подъемно-транспортные,
строительные, дорожные средства и оборудование

Форма обучения очная

Санкт-Петербург, 2023

1. Цели и задачи освоения дисциплины (модуля)

Целями освоения дисциплины являются формирование у студентов углубленных профессиональных знаний в области теории устойчивости.

Задачами освоения дисциплины являются

- знакомство с современным состоянием теории устойчивости движения, основными понятиями и теоремами;
- изучение теоретических основ классических и современных методов исследования устойчивости динамических систем;
- изучение классического понятия устойчивости в смысле Ляпунова и его современных модификаций;
- изучение теоретических основ прямого метода Ляпунова и примеров использования этого метода для исследования устойчивости движения механических систем и систем из других областей науки и техники;
- выработка практических навыков исследования устойчивости и влияния структуры сил на устойчивость движения.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

| Код и наименование компетенции | Код и наименование индикатора достижения компетенции | Планируемые результаты обучения по дисциплине, обеспечивающие достижение планируемых результатов освоения ОПОП |
|--------------------------------|--|--|
|--------------------------------|--|--|

| | | |
|---|--|--|
| <p>ПК-2 Способен организовывать и осуществлять контроль технического состояния подъемно-транспортных, строительных и дорожных машин и оборудования с использованием средств технического диагностирования</p> | <p>ПК-2.2 Выполняет проверку наличия изменений в конструкции подъемно-транспортных, строительных и дорожных машин и оборудования</p> | <p>знает актуальный профессиональный и социальный контекст, в котором приходится работать и жить; основные источники информации и ресурсы для решения задач и проблем в профессиональном и/или социальном контексте; алгоритмы выполнения работ в профессиональной и смежных областях; методы работы в профессиональной и смежных сферах; структуру плана для решения задач; порядок оценки результатов решения задач профессиональной деятельности</p> <p>умеет распознавать задачу и/или проблему в профессиональном и/или социальном контексте; анализировать задачу и/или проблему и выделять её составные части; определять этапы решения задачи; выявлять и эффективно искать информацию, необходимую для решения задачи и/или проблемы; составить план действия; определить необходимые ресурсы; владеть актуальными методами работы в профессиональной и смежных сферах; реализовать составленный план; оценивать результат и последствия своих действий (самостоятельно или с помощью наставника)</p> <p>владеет навыками работы с современными вычислительными компьютерными системами; навыками математических методов анализа устойчивости</p> |
|---|--|--|

| | | |
|---|--|--|
| <p>ПК-2 Способен организовывать и осуществлять контроль технического состояния подъемно-транспортных, строительных и дорожных машин и оборудования с использованием средств технического диагностирования</p> | <p>ПК-2.3 Выполняет измерение и проверку параметров технического состояния подъемно-транспортных, строительных и дорожных машин и оборудования</p> | <p>знает</p> <ul style="list-style-type: none"> - устройство и принцип действия подъемно-транспортных, строительных, дорожных машин, автомобилей, тракторов и их основных частей; - принципы, лежащие в основе функционирования электрических машин и электронной техники; - конструкцию и технические характеристики электрических машин постоянного и переменного тока; - назначение, конструкцию, принцип действия подъемно-транспортных, строительных, дорожных машин и оборудования, правильность их использования при ремонте дорог; - основные характеристики электрического, гидравлического и пневматического приводов подъемно-транспортных, строительных, дорожных машин и оборудования; - устройство подъемно-транспортных, строительных, дорожных машин и оборудования (по отраслям); - устройство дефектоскопных установок; - устройство ультразвуковых и магнитных съемных дефектоскопов, дефектоскопов с микропроцессорными устройствами; - электрические и кинематические схемы железнодорожно-строительных машин и механизмов, дефектоскопных установок и ультразвуковых и магнитных съемных дефектоскопов, дефектоскопов с микропроцессорными устройствами; - технология и правила наладки, регулировки, технического обслуживания и ремонта железнодорожно-строительных машин и механизмов; - основы пневматики; - основы механики; - основы гидравлики; - основы электроники; - основы радиотехники; - правила и инструкции по охране труда в пределах выполняемых работ; - правила пользования средствами индивидуальной защиты; - правила пожарной безопасности в пределах выполняемых работ; - нормативные акты, относящиеся к кругу выполняемых работ; - комплекс регламентных работ по основным технологическим операциям ремонта машин и оборудования: моечные, разборочные, дефектовочные, операции по восстановлению деталей, сборочные, |
|---|--|--|

| | | |
|--|--|--|
| | | <p>Доводочные</p> <p>умеет</p> <ul style="list-style-type: none">- пользоваться измерительным инструментом;- пользоваться слесарным инструментом;- проводить испытания узлов, механизмов и оборудования электрических, пневматических и гидравлических систем железнодорожно-строительных машин после наладки на специализированных стендах;- проводить испытания узлов, механизмов и систем автоматики, электроники подъемно-транспортных, строительных, дорожных машин, оборудованных лазерными установками, промышленной электроникой и электронной контрольно-измерительной аппаратурой после наладки на специализированных стендах;- проводить испытания электрического, пневматического, механического и гидравлического оборудования, узлов, механизмов, систем автоматики, электроники подъемно-транспортных, строительных, дорожных машин, оборудованных лазерными установками, промышленной электроникой и электронной контрольно-измерительной аппаратурой управления после ремонта на специализированных стендах;- производить разборку, сборку, наладку, регулировку узлов, механизмов и оборудования электрических, пневматических и гидравлических систем подъемно-транспортных, строительных, дорожных машин;- производить разборку, сборку, регулировку, наладку, узлов, механизмов и систем автоматики, электроники подъемно-транспортных, строительных, дорожных машин, оборудованных лазерными установками, промышленной электроникой и электронной контрольно-измерительной аппаратурой;- производить разборку, сборку, наладку, регулировку электрического, пневматического, механического и гидравлического оборудования, узлов, механизмов, систем автоматики, электроники подъемно-транспортных, строительных, дорожных машин, оборудованных лазерными установками, промышленной электроникой и электронной контрольно-измерительной аппаратурой управления |
|--|--|--|

| | | |
|--|--|--|
| | | владеет - технической эксплуатации подъемно-транспортных, строительных, дорожных машин и оборудования; - проведение комплекса планово-предупредительных работ по обеспечению исправности, работоспособности и готовности подъемно-транспортных, строительных, дорожных машин и оборудования к использованию по назначению |
|--|--|--|

3. Указание места дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Данная дисциплина (модуль) включена в Блок «Дисциплины, модули» Б1.В.10 основной профессиональной образовательной программы 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства и относится к части, формируемой участниками образовательных отношений учебного плана.

| № п/п | Предшествующие дисциплины | Код и наименование индикатора достижения компетенции |
|-------|--|--|
| 1 | Основы теории пластичности и ползучести | ОПК-1.6, ПК-3.2 |
| 2 | Высшая математика | УК-1.5, УК-1.6 |
| 3 | Сопротивление материалов | ОПК-1.6, ПК-4.2 |
| 4 | Информационные технологии | УК-1.1, УК-1.2, УК-1.6, ОПК-7.1, ОПК-7.2, ОПК-7.3 |
| 5 | Физика | ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.4, ОПК-1.5, УК-1.1, УК-1.2, УК-2.4 |
| 6 | Строительная механика и металлические конструкции наземных транспортно-технологических машин | ОПК-1.6, ПК-4.2 |

| № п/п | Последующие дисциплины | Код и наименование индикатора достижения компетенции |
|-------|---------------------------------|--|
| 1 | Научно-исследовательская работа | ПК-2.2, ПК-2.3, ПК-4.1, ПК-4.3, ПК-4.4, ПК-4.5 |

4. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

| | | | | | | | | | | | |
|------|--|---|---|--|---|--|--|--|---|----|-------------------|
| | устойчивости неравновесного термодинамического состояния механических систем | | | | | | | | | | |
| 3.1. | Аналоговые системы управления устойчивостью | 9 | 2 | | 2 | | | | 5 | 9 | ПК-2.2, ПК-2.3 |
| 3.2. | Цифровые принципы управления устойчивостью | 9 | 2 | | 2 | | | | 6 | 10 | ПК-2.2, ПК-2.3 |
| 4. | 4 раздел. Контроль | | | | | | | | | | |
| 4.1. | Зачет | 9 | | | | | | | | 4 | ПК-2.2, ПК-2.3 |

5.1. Лекции

| № разд | Наименование раздела и темы лекций | Наименование и краткое содержание лекций | | | | | | | | | |
|--------|---|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| 1 | Общие сведения о дисциплине | Общие сведения о дисциплине Содержание дисциплины «Основы теории устойчивости механических систем». Определение устойчивости. Воздействия на устойчивость механических систем. Основные критерии устойчивости механических систем. | | | | | | | | | |
| 2 | Математический аппарат, применяемый в теории устойчивости | Математический аппарат, применяемый в теории устойчивости Дифференциальные уравнения. Ряды Тейлора и Маклорена. Матрицы | | | | | | | | | |
| 3 | Теоремы Ляпунова об устойчивости и неустойчивости | Теоремы Ляпунова об устойчивости и неустойчивости Принципы Ляпунова. Теорема об устойчивости. Теорема о неустойчивости. Теорема Четаева о неустойчивости. | | | | | | | | | |
| 4 | Неравновесная термодинамика Пригожина и теория устойчивости | Неравновесная термодинамика Пригожина и теория устойчивости Начала термодинамики. Равновесные и неравновесные термодинамические состояния. Пассивные и активные термодинамические системы. Устойчивость и неустойчивость термодинамических систем. Бифуркация. | | | | | | | | | |
| 5 | Статическая и динамическая устойчивость механических систем | Статическая и динамическая устойчивость механических систем Методы расчета устойчивости механических систем при статических нагрузках. Методы расчета устойчивости механических систем при динамических нагрузках. Предельные критерии устойчивости. | | | | | | | | | |
| 6 | Аналоговые системы управления устойчивостью | Аналоговые системы управления устойчивостью Принципы аналогового управления устойчивостью. Аналоговые датчики. Положительные и отрицательные обратные связи. Критерии систем управления. | | | | | | | | | |
| 7 | Цифровые принципы управления устойчивостью | Цифровые принципы управления устойчивостью Принципы цифрового управления устойчивостью. Цифровые системы контроля и управления. Цифровые датчики систем управления. Аналогово-цифровые преобразователи. | | | | | | | | | |

5.2. Практические занятия

| № разд | Наименование раздела и темы практических занятий | Наименование и содержание практических занятий | | | | | | | | | |
|--------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | | | | | | | |

| | | |
|---|---|---|
| | дисциплине | Содержание дисциплины «Основы теории устойчивости механических систем». Определение устойчивости. Воздействия на устойчивость механических систем. Основные критерии устойчивости механических систем. |
| 2 | Математический аппарат, применяемый в теории устойчивости | Математический аппарат, применяемый в теории устойчивости Дифференциальные уравнения. Ряды Тейлора и Маклорена. Матрицы |
| 3 | Теоремы Ляпунова об устойчивости и неустойчивости | Теоремы Ляпунова об устойчивости и неустойчивости Принципы Ляпунова. Теорема об устойчивости. Теорема о неустойчивости. Теорема Четаева о неустойчивости. |
| 4 | Неравновесная термодинамика Пригожина и теория устойчивости | Неравновесная термодинамика Пригожина и теория устойчивости Начала термодинамики. Равновесные и неравновесные термодинамические состояния. Пассивные и активные термодинамические системы. Устойчивость и неустойчивость термодинамических систем. Бифуркация. |
| 5 | Статическая и динамическая устойчивость механических систем | Статическая и динамическая устойчивость механических систем Методы расчета устойчивости механических систем при статических нагрузках. Методы расчета устойчивости механических систем при динамических нагрузках. Предельные критерии устойчивости. |
| 6 | Аналоговые системы управления устойчивостью | Аналоговые системы управления устойчивостью Принципы аналогового управления устойчивостью. Аналоговые датчики. Положительные и отрицательные обратные связи. Критерии систем управления. |
| 7 | Цифровые принципы управления устойчивостью | Цифровые принципы управления устойчивостью Принципы цифрового управления устойчивостью. Цифровые системы контроля и управления. Цифровые датчики систем управления. Аналогово-цифровые преобразователи. |

5.3. Самостоятельная работа обучающихся

| № разд | Наименование раздела дисциплины и темы | Содержание самостоятельной работы |
|--------|---|---|
| 1 | Общие сведения о дисциплине | Общие сведения о дисциплине Содержание дисциплины «Основы теории устойчивости механических систем». Определение устойчивости. Воздействия на устойчивость механических систем. Основные критерии устойчивости механических систем. |
| 2 | Математический аппарат, применяемый в теории устойчивости | Математический аппарат, применяемый в теории устойчивости Дифференциальные уравнения. Ряды Тейлора и Маклорена. Матрицы |
| 3 | Теоремы Ляпунова об устойчивости и неустойчивости | Теоремы Ляпунова об устойчивости и неустойчивости Принципы Ляпунова. Теорема об устойчивости. Теорема о неустойчивости. Теорема Четаева о неустойчивости. |
| 4 | Неравновесная термодинамика Пригожина и теория устойчивости | Неравновесная термодинамика Пригожина и теория устойчивости Начала термодинамики. Равновесные и неравновесные термодинамические состояния. Пассивные и активные термодинамические системы. Устойчивость и неустойчивость термодинамических систем. Бифуркация. |

| | | |
|---|---|---|
| 5 | Статическая и динамическая устойчивость механических систем | Статическая и динамическая устойчивость механических систем Методы расчета устойчивости механических систем при статических нагрузках. Методы расчета устойчивости механических систем при динамических нагрузках. Предельные критерии устойчивости. |
| 6 | Аналоговые системы управления устойчивостью | Аналоговые системы управления устойчивостью Принципы аналогового управления устойчивостью. Аналоговые датчики. Положительные и отрицательные обратные связи. Критерии систем управления. |
| 7 | Цифровые принципы управления устойчивостью | Цифровые принципы управления устойчивостью Принципы цифрового управления устойчивостью. Цифровые системы контроля и управления. Цифровые датчики систем управления. Аналогово-цифровые преобразователи. |

6. Методические материалы для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Программой дисциплины предусмотрено проведение лекционных занятий, на которых дается основной систематизированный материал, и практических занятий, предполагающих закрепление изученного материала и формирование у обучающихся необходимых знаний, умений и навыков. Кроме того, важнейшим этапом изучения дисциплины является самостоятельная работа обучающихся с использованием всех средств и возможностей современных образовательных технологий.

В объем самостоятельной работы по дисциплине включается следующее:

- изучение теоретических вопросов по всем темам дисциплины;
- подготовка к практическим занятиям;
- подготовка к текущему контролю успеваемости студентов;
- подготовка к зачету.

Залогом успешного освоения дисциплины является обязательное посещение лекционных, практических занятий, так как пропуск одного (тем более, нескольких) занятий может осложнить освоение разделов курса. На практических занятиях материал, изложенный на лекциях, закрепляется при выполнении практических заданий.

Приступая к изучению дисциплины, необходимо в первую очередь ознакомиться с содержанием РПД, а также методическими указаниями по организации самостоятельной работы.

При подготовке к лекционным занятиям студенту необходимо:

- ознакомиться с соответствующей темой занятия;
- осмыслить круг изучаемых вопросов и логику их рассмотрения;
- изучить рекомендуемую рабочей программой литературу по данной теме.

При подготовке к практическим занятиям и в рамках самостоятельной работы по изучению дисциплины обучающимся необходимо:

- повторить законспектированный на лекционном занятии материал и дополнить его с учетом рекомендованной по данной теме литературы;
- при самостоятельном изучении теоретической темы сделать конспект, используя рекомендованные в РПД источники;
- выполнить практические задания в рамках изучаемой темы;
- ответить на контрольные вопросы по теме, используя материалы ФОС;
- подготовиться к проверочной работе, предусмотренной в контрольных точках;
- подготовиться к промежуточной аттестации.

Итогом изучения дисциплины является зачет. Зачет проводится по расписанию. Форма проведения занятия может быть устная, письменная и в электронном виде. Студенты, не прошедшие аттестацию, должны ликвидировать задолженность в установленном порядке.

7. Оценочные материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения дисциплины

| № п/п | Контролируемые разделы дисциплины (модуля) | Код и наименование индикатора контролируемой компетенции | Вид оценочного средства |
|-------|--|--|-------------------------|
|-------|--|--|-------------------------|

| | | | |
|---|---|----------------|---------------------|
| 1 | Общие сведения о дисциплине | ПК-2.2, ПК-2.3 | Устный опрос, тесты |
| 2 | Математический аппарат, применяемый в теории устойчивости | ПК-2.2, ПК-2.3 | Устный опрос, тесты |
| 3 | Теоремы Ляпунова об устойчивости и неустойчивости | ПК-2.2, ПК-2.3 | Устный опрос, тесты |
| 4 | Неравновесная термодинамика Пригожина и теория устойчивости | ПК-2.2, ПК-2.3 | Устный опрос, тесты |
| 5 | Статическая и динамическая устойчивость механических систем | ПК-2.2, ПК-2.3 | Устный опрос, тесты |
| 6 | Аналоговые системы управления устойчивостью | ПК-2.2, ПК-2.3 | Устный опрос, тесты |
| 7 | Цифровые принципы управления устойчивостью | ПК-2.2, ПК-2.3 | Устный опрос, тесты |
| 8 | Зачет | ПК-2.2, ПК-2.3 | собеседование |

7.2. Типовые контрольные задания или иные материалы текущего контроля успеваемости, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта профессиональной деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения дисциплины

Типовые контрольные задания или иные материалы текущей аттестации, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, для проверки сформированности индикатора достижения компетенции ПК-2.2, ПК-2.3, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

1. Основные понятия теории упругой устойчивости. Статическое и динамическое нагружение. Устойчивость за пределами упругости. Тестирование, примерные вопросы: Проверка знаний основных определений, относящихся к курсу "Основы теории устойчивости механических систем" Что понимается под устойчивостью? Варианты ответов: способность систем сохранять состояние равновесия или движения во времени под действием малых возмущений/ способность систем сохранять усталостную прочность во времени под действием малых возмущений способность систем сохранять твердость во времени под действием малых возмущений. Какие основные факторы влияют на предел устойчивости механических систем?

Варианты ответов: начальные несовершенства, граничные условия, метод расчета, материал.

2. Методы исследования и решения задач устойчивости домашнее задание, примерные вопросы: Проверка решений заданных задач на устойчивость механических систем. Исследовать устойчивость механических систем с помощью энергетических, вариационных и приближенных методов при различных граничных условиях, поперечных сечениях, нагрузках и материалах.

3. Устойчивость прямолинейных стержней домашнее задание, примерные вопросы:

Проверка решений заданных задач на устойчивость механических систем. Исследовать аналитически и численно с использованием пакета символьной математики, например, Wolfram Mathematica и Ansys устойчивость в упругой постановке прямолинейных стержней при различных граничных условиях, поперечных сечениях и материалах.

4. Устойчивость пластин домашнее задание, примерные вопросы: Проверка решений заданных задач на устойчивость механических систем. Исследовать аналитически и численно с использованием пакета символьной математики, например, Wolfram Mathematica и Ansys устойчивость в упругой постановке пластин при различных граничных условиях, поперечных сечениях, нагрузках и материалах.

5. Устойчивость оболочек домашнее задание, примерные вопросы: Проверка решений заданных задач на устойчивость механических систем. Исследовать аналитически и численно с использованием пакета символьной математики, например, Wolfram Mathematica и Ansys устойчивость в упругой постановке оболочек при различных граничных условиях, поперечных сечениях, нагрузках и материалах.

6. Устойчивость за пределами упругости устный опрос, примерные вопросы: Оценка влияния высокой температуры, пластичности и ползучести на устойчивость механических систем. Исследование устойчивости стержней, пластин и оболочек за пределами упругости при различных граничных условиях, поперечных сечениях, нагрузках и материалах.

7.3. Система оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю) при проведении текущего контроля успеваемости

| | |
|---------------------------------------|--|
| <p>Оценка «отлично» (зачтено)</p> | <p>знания:</p> <ul style="list-style-type: none">- систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам дисциплины, а также по основным вопросам, выходящим за пределы учебной программы;- точное использование научной терминологии, систематически грамотное и логически правильное изложение ответа на вопросы;- полное и глубокое усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной рабочей программой по дисциплине (модулю) <p>умения:</p> <ul style="list-style-type: none">- умеет ориентироваться в теориях, концепциях и направлениях дисциплины и давать им критическую оценку, используя научные достижения других дисциплин <p>навыки:</p> <ul style="list-style-type: none">- высокий уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций;- владеет навыками самостоятельно и творчески решать сложные проблемы и нестандартные ситуации;- применяет теоретические знания для выбора методики выполнения заданий;- грамотно обосновывает ход решения задач;- безупречно владеет инструментарием учебной дисциплины, умение его эффективно использовать в постановке научных и практических задач;- творческая самостоятельная работа на практических/семинарских/лабораторных занятиях, активно участвует в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий |
| <p>Оценка «хорошо» (зачтено)</p> | <p>знания:</p> <ul style="list-style-type: none">- достаточно полные и систематизированные знания по дисциплине;- усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной рабочей программой по дисциплине (модулю) <p>умения:</p> <ul style="list-style-type: none">- умеет ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях дисциплины и давать им критическую оценку;- использует научную терминологию, лингвистически и логически правильно излагает ответы на вопросы, умеет делать обоснованные выводы;- владеет инструментарием по дисциплине, умение его использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач <p>навыки:</p> <ul style="list-style-type: none">- самостоятельная работа на практических занятиях, участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий;- средний уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций;- без затруднений выбирает стандартную методику выполнения заданий;- обосновывает ход решения задач без затруднений |

| | |
|--|---|
| <p>Оценка «удовлетворительно» (зачтено)</p> | <p>знания: - достаточный минимальный объем знаний по дисциплине; - усвоение основной литературы, рекомендованной рабочей программой; - использование научной терминологии, стилистическое и логическое изложение ответа на вопросы, умение делать выводы без существенных ошибок умения: - умеет ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по дисциплине и давать им оценку; - владеет инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении типовых задач; - умеет под руководством преподавателя решать стандартные задачи навыки: - работа под руководством преподавателя на практических занятиях, допустимый уровень культуры исполнения заданий; - достаточный минимальный уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций; - испытывает затруднения при обосновании алгоритма выполнения заданий</p> |
| <p>Оценка «неудовлетворительно» (не зачтено)</p> | <p>знания: - фрагментарные знания по дисциплине; - отказ от ответа (выполнения письменной работы); - знание отдельных источников, рекомендованных рабочей программой по дисциплине; умения: - не умеет использовать научную терминологию; - наличие грубых ошибок навыки: - низкий уровень культуры исполнения заданий; - низкий уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций; - отсутствие навыков самостоятельной работы; - не может обосновать алгоритм выполнения заданий</p> |

7.4. Теоретические вопросы и практические задания для проведения промежуточной аттестации обучающихся, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта профессиональной деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

7.4.1. Теоретические вопросы для проведения промежуточной аттестации обучающихся

1. Общие проблемы теории устойчивости движения. Основные понятия и определения.

Примеры. Устойчивость движения: уравнения в отклонениях.

2. Устойчивость по Ляпунову, асимптотическая и экспоненциальная устойчивость. Основные понятия, определения и теоремы. Примеры. Исследование устойчивости по определению.

3. Орбитальная устойчивость. Устойчивость в целом. Основные понятия, определения и теоремы. Примеры.

4. Прямой метод Ляпунова. Функции Ляпунова для автономных и неавтономных систем. Достаточные условия устойчивости, асимптотической устойчивости, неустойчивости. Устойчивость по первому приближению.

5. Влияние структуры сил на устойчивость движения. Теорема Лагранжа об устойчивости равновесия. Фазовые портреты консервативных систем. Классификация обобщенных сил в линейном случае. Классификация обобщенных сил в нелинейном случае. Теоремы Томсона-Тета. Теоремы о влиянии гироскопических и диссипативных сил на устойчивость движения. Теоремы о влиянии неконсервативных позиционных сил на устойчивость движения. Общий случай.

6. Частотные методы исследования устойчивости. Постановки задач управления на языке передаточных функций. Преобразование Лапласа. Временные функции. Частотные функции и характеристики. Элементарные звенья. Структурные преобразования. Критерий устойчивости

Михайлова. Одномерные замкнутые управляемые системы и частотные критерии их устойчивости. Критерий Найквиста.

7. Задачи стабилизации. Постановки задач управления в пространстве состояний. Линейные уравнения в отклонениях для управляемых механических систем. Постановка задачи стабилизации. Управляемость, декомпозиция и стабилизируемость линейных систем. Модальное управление. Оптимальная стабилизация при наличии точной информации об отклонениях.

7.4.2. Практические задания для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Практические задания для проведения промежуточной аттестации обучающихся приведены в приложении и размещены в ЭИОС Moodle по ссылке <https://moodle.spbgasu.ru/course/view.php?id=2014>.

7.4.3. Примерные темы курсовой работы (проекта) (при наличии)

Курсовые проекты (работы) учебным планом не предусмотрены.

7.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта профессиональной деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций

Процедура проведения промежуточной аттестации и текущего контроля успеваемости регламентируется локальным нормативным актом, определяющим порядок организации и проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Процедура оценивания формирования компетенций при проведении текущего контроля приведена в п. 7.2. Типовые контрольные задания или иные материалы текущего контроля приведены в п. 7.3.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме зачета. Зачет проводится в форме собеседования.

7.6. Критерии оценивания сформированности компетенций при проведении промежуточной аттестации

| Критерии оценивания | Уровень освоения и оценка | | | |
|---------------------|------------------------------|----------------------------|-----------------|------------------|
| | Оценка «неудовлетворительно» | Оценка «удовлетворительно» | Оценка «хорошо» | Оценка «отлично» |
| | «не зачтено» | «зачтено» | | |

| | | | | |
|--------|---|--|--|---|
| | <p>Уровень освоения компетенции «недостаточный». Компетенции не сформированы. Знания отсутствуют, умения и навыки не сформированы</p> | <p>Уровень освоения компетенции «пороговый». Компетенции сформированы. Сформированы базовые структуры знаний. Умения фрагментарны и носят репродуктивный характер. Демонстрируется низкий уровень самостоятельности практического навыка.</p> | <p>Уровень освоения компетенции «продвинутый». Компетенции сформированы. Знания обширные, системные. Умения носят репродуктивный характер, применяются к решению типовых заданий. Демонстрируется достаточный уровень самостоятельности устойчивого практического навыка.</p> | <p>Уровень освоения компетенции «высокий». Компетенции сформированы. Знания аргументированные, всесторонние. Умения успешно применяются к решению как типовых, так и нестандартных творческих заданий. Демонстрируется высокий уровень самостоятельности, высокая адаптивность практического навыка</p> |
| знания | <p>Обучающийся демонстрирует: -существенные пробелы в знаниях учебного материала; -допускаются принципиальные ошибки при ответе на основные вопросы билета, отсутствует знание и понимание основных понятий и категорий; -непонимание сущности дополнительных вопросов в рамках заданий билета.</p> | <p>Обучающийся демонстрирует: -знания теоретического материала; -неполные ответы на основные вопросы, ошибки в ответе, недостаточное понимание сущности излагаемых вопросов; -неуверенные и неточные ответы на дополнительные вопросы.</p> | <p>Обучающийся демонстрирует: -знание и понимание основных вопросов контролируемого объема программного материала; -знания теоретического материала -способность устанавливать и объяснять связь практики и теории, выявлять противоречия, проблемы и тенденции развития; -правильные и конкретные, без грубых ошибок, ответы на поставленные вопросы.</p> | <p>Обучающийся демонстрирует: -глубокие, всесторонние и аргументированные знания программного материала; -полное понимание сущности и взаимосвязи рассматриваемых процессов и явлений, точное знание основных понятий, в рамках обсуждаемых заданий; -способность устанавливать и объяснять связь практики и теории, -логически последовательные, содержательные, конкретные и исчерпывающие ответы на все задания билета, а также дополнительные вопросы экзаменатора.</p> |

| | | | | |
|--------------------------|--|---|---|--|
| <p>умения</p> | <p>При выполнении практического задания билета обучающийся продемонстрировал недостаточный уровень умений. Практические задания не выполнены. Обучающийся не отвечает на вопросы билета при дополнительных наводящих вопросах преподавателя.</p> | <p>Обучающийся выполнил практическое задание билета с существенными неточностями. Допускаются ошибки в содержании ответа и решении практических заданий. При ответах на дополнительные вопросы было допущено много неточностей.</p> | <p>Обучающийся выполнил практическое задание билета с небольшими неточностями. Показал хорошие умения в рамках освоенного учебного материала. Предложенные практические задания решены с небольшими неточностями. Ответил на большинство дополнительных вопросов.</p> | <p>Обучающийся правильно выполнил практическое задание билета. Показал отличные умения в рамках освоенного учебного материала. Решает предложенные практические задания без ошибок. Ответил на все дополнительные вопросы.</p> |
| <p>владение навыками</p> | <p>Не может выбрать методику выполнения заданий. Допускает грубые ошибки при выполнении заданий, нарушающие логику решения задач. Делает некорректные выводы. Не может обосновать алгоритм выполнения заданий.</p> | <p>Испытывает затруднения по выбору методики выполнения заданий. Допускает ошибки при выполнении заданий, нарушения логики решения задач. Испытывает затруднения с формулированием корректных выводов. Испытывает затруднения при обосновании алгоритма выполнения заданий.</p> | <p>Без затруднений выбирает стандартную методику выполнения заданий. Допускает ошибки при выполнении заданий, не нарушающие логику решения задач. Делает корректные выводы по результатам решения задачи. Обосновывает ход решения задач без затруднений.</p> | <p>Применяет теоретические знания для выбора методики выполнения заданий. Не допускает ошибок при выполнении заданий. Самостоятельно анализирует результаты выполнения заданий. Грамотно обосновывает ход решения задач.</p> |

Оценка по дисциплине зависит от уровня сформированности компетенций, закрепленных за дисциплиной, и представляет собой среднее арифметическое от выставленных оценок по отдельным результатам обучения (знания, умения, владение навыками).

Оценка «отлично»/«зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 4,5 до 5,0.

Оценка «хорошо»/«зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 3,5 до 4,4.

Оценка «удовлетворительно»/«зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 2,5 до 3,4.

Оценка «неудовлетворительно»/«не зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 0 до 2,4.

8. Учебно-методическое и материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

8.1. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

| № п/п | Автор, название, место издания, издательство, год издания учебной и учебно-методической литературы | Количество экземпляров/электронный адрес ЭБС |
|----------------------------|--|---|
| Основная литература | | |
| 1 | Любимов В. В., Математическая теория устойчивости с приложениями, Санкт-Петербург: Лань, 2018 | https://e.lanbook.com/book/109506 |
| 2 | Меркин Д. Р., Бауэр С. М., Смирнов А. Л., Смольников Б. А., Теория устойчивости в примерах и задачах, Москва, Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, Ижевский институт компьютерных исследований, 2013 | http://www.iprbookshop.ru/16637.html |

Обучающиеся из числа инвалидов и лиц с ОВЗ обеспечиваются печатными и (или) электронными образовательными ресурсами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья.

8.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

| Наименование ресурса сети «Интернет» | Электронный адрес ресурса |
|--|---|
| Габсаттаров Р.М. Устойчивость механических систем | https://web.snauka.ru/issues/2015/09/57533 |
| А.В. Рябова, В.Ю. Тертычный-Даури Элементы теории устойчивости | https://books.ifmo.ru/file/pdf/1790.pdf |

8.3. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

| Наименование | Электронный адрес ресурса |
|---|---|
| Система дистанционного обучения СПбГАСУ Moodle | https://moodle.spbgasu.ru/ |
| Электронная библиотека Ирбис 64 | http://ntb.spbgasu.ru/irbis64r_plus/ |
| Электронно-библиотечная система издательства "Лань" | https://e.lanbook.com/ |
| Электронно-библиотечная система издательства "IPRsmart" | http://www.iprbookshop.ru/ |
| Электронно-библиотечная система издательства "Консультант студента" | https://www.studentlibrary.ru/ |
| Федеральный образовательный портал "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" | http://window.edu.ru |
| Российская государственная библиотека | www.rsl.ru |
| Единый электронный ресурс учебно-методической литературы СПбГАСУ | www.spbgasu.ru |

8.4. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

| Наименование | Способ распространения (лицензионное или свободно распространяемое) |
|--------------------------|---|
| Microsoft Windows 10 Pro | Договор № Д32009689201 от 18.12.2020г |
| Math Cad версия 15 | Сублицензионное соглашение на использование продуктов "РТС" с ООО"Софт Лоджистик" договор №20716/SPB9 2010 г. Лицензия бессрочная |

| | |
|-------------------------|--|
| Matlab версия R2019a | Договор №ДЗ1908369487 от 01.11.2019 с ООО "Софтлайн Проекты". Лицензия до 31.12.2025 |
| Solid Works версия 2019 | Договор №Tr000660287 от 27.09.2021 г. с АО "СофтЛайн Трейд". Лицензия до 30.11.2024 |
| КОМПАС-3D APM FEM | Сублицензионный договор №АСЗ-17-00534 от 13.06.2017 на 50лиц+ сублицензионный договор №АСЗ-20-00218 от 20.04.2020 еще на 50лиц с ООО "АСКОН-Северо-Запад". Лицензия бессрочная |

8.5. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Сведения об оснащённости учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы

| Наименование учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы | Оснащённость оборудованием и техническими средствами обучения |
|--|--|
| 32. Учебные аудитории для проведения лекционных занятий | Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, комплект мультимедийного оборудования (персональный компьютер, мультимедийный проектор, экран, аудиосистема), доска, экран, комплект учебной мебели, подключение к компьютерной сети СПбГАСУ, выход в Интернет |
| 32. Помещения для самостоятельной работы | Помещение для самостоятельной работы (читальный зал библиотеки, ауд. 217): ПК-23 шт., в т.ч. 1 шт.- ПК для лиц с ОВЗ (системный блок, монитор, клавиатура, мышь) с подключением к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду СПбГАСУ. ПО Microsoft Windows 10 |
| 32. Учебные аудитории для проведения практических занятий, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации | Комплект мультимедийного оборудования (персональный компьютер, мультимедийный проектор, экран, аудиосистема), доска, комплект учебной мебели, подключение к компьютерной сети СПбГАСУ, выход в Интернет |
| 32. Учебные аудитории для проведения лекционных занятий | Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, комплект мультимедийного оборудования (персональный компьютер, мультимедийный проектор, экран, аудиосистема), доска, экран, комплект учебной мебели, подключение к компьютерной сети СПбГАСУ, выход в Интернет |

Для инвалидов и лиц с ОВЗ обеспечиваются специальные условия для получения образования в соответствии с требованиями нормативно-правовых документов.