

УТВЕРЖДЕНА

Приказом Генерального директора
ООО «АвтоМеханика»
от 16.10.2024 № 03/о

**ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ
ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ПРОГРАММА**

(программа повышения квалификации)

**«Основы моделирования в программном комплексе EULER.
Базовый уровень»**

по направлению подготовки
«Автоматизированный динамический анализ многокомпонентных
механических систем»

Москва 2024 г

Оглавление

| | |
|---|----|
| ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ..... | 3 |
| ЦЕЛЕВАЯ УСТАНОВКА..... | 4 |
| ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ | 4 |
| УЧЕБНЫЙ ПЛАН..... | 7 |
| КАЛЕНДАРНЫЙ УЧЕБНЫЙ ГРАФИК | 8 |
| РАБОЧИЕ ПРОГРАММЫ МОДУЛЕЙ..... | 9 |
| ОРГАНИЗАЦИОННО–ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ | 11 |
| Требования к квалификации педагогических кадров, представителей предприятий и организаций, обеспечивающих реализацию образовательного процесса..... | 11 |
| Требования к материально-техническим условиям..... | 11 |
| Требования к информационным и учебно-методическим условиям..... | 12 |
| Общие требования к организации образовательного процесса | 12 |
| ФОРМЫ АТТЕСТАЦИИ | 13 |
| ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ | 13 |
| СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ..... | 14 |
| МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ..... | 15 |
| Практические задачи решаемые в ходе проведения занятий | 15 |
| Контрольные задания..... | 19 |
| Тематические вопросы..... | 21 |
| Перечень вопросов для подготовки к итоговой аттестации | 22 |
| Основные тесты для самоконтроля и подготовки к итоговой аттестации | 23 |

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Программа повышения квалификации «Работа в программном комплексе EULER. Базовый уровень» (далее - программа) разработана в соответствии с требованиями приказа Минобрнауки России от 01.07.2013 № 499[10] с учётом потребности конструкторских организаций промышленности (автомобильной, авиационной, ракетно-космической, оборонной и др.) в обучении инженеров-механиков, инженеров-конструкторов, руководители подразделений по научным исследованиям и разработкам.

Содержание программы соответствует нормам Трудового кодекса Российской Федерации, нормативных актов Российской Федерации и локальных актов организации.

Программа разрабатывалась на основании установленных квалификационных требований по должностям инженер-механик (код ОКЗ 2144 0), инженер-конструктор (код ОКЗ 2144 0), руководитель конструкторских подразделений (код ОКЗ 1223 8), указанных в профессиональных стандартах, утверждённых приказами Минтруда России; от 26.07.2021 № 502н[5]; от 28.07.2021 № 518н[6], от 15.09.2021 № 631н[7], от 05.10.2021 № 678н[8] и от 21.10.2021 № 753н[9] к результатам освоения образовательных программ.

В соответствии с перечисленными руководящими документами характеристика новой квалификации предусматривает следующий перечень требований к уровню подготовленности обучающегося:

наличие высшего образования (бакалаврит, магистратура или специалитет).

- Область профессиональной деятельности выпускников программы включает:
- Конструкторская разработка сложных механических систем;
- Инженерные расчёты поведения сложных механических систем в динамике;
- Анализ поведения сложных механических систем при её функционировании;
- Анализ поведения сложных механических систем при её функционировании в нештатном (аварийном) режиме;
- Использование программного комплекса EULER для проведения расчетных работ для обеспечения надёжности и прочности изделий.

Объектами профессиональной деятельности выпускников являются:

- Автомобильная промышленность (колёсные и гусеничные транспортные средства, и их компоненты);
- Ракетно-космическая отрасль (стартовые комплексы, ракеты, космические аппараты и их компоненты);
- Оборонная промышленность (вооружение, специальные транспортные средства, боеприпасы и др.);
- Машиностроительная промышленность (станки, производственное и испытательное оборудование и т.п.);

Программа определяет минимальный объем знаний, умений, навыков и компетенций, которыми должен обладать обучающийся при выполнении трудовых функций (или видов деятельности) и не рассчитана на присвоение новой квалификации

Виды профессиональной деятельности, к которым готовится обучающийся, перечень и характеристика новых профессиональных компетенций, формируемых у обучающегося в ходе обучения, характеристика компетенций, подлежащих совершенствованию в процессе обучения, излагаются в программе в разделе «Планируемые результаты обучения».

ЦЕЛЕВАЯ УСТАНОВКА

Цель обучения:

получение обучающимся знаний, умений и навыков компьютерного моделирования динамического поведения многокомпонентных механических систем в программном комплексе EULER;

совершенствование компетенций необходимых для профессиональной деятельности в области автоматизированного динамического анализа многокомпонентных механических систем.

повышение профессионального уровня в рамках имеющейся квалификации.

Категория обучающегося: лица, имеющие высшее техническое образование, лица, получающие высшее техническое образование.

Форма обучения: очная

Трудоёмкость программы: 32 академических часа.

Сроки освоения программы: четыре календарных дня.

Режим занятий: 8 академических часов в день.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

В ходе обучения дать обучающимся теоретические и практические знания в области автоматизированного динамического анализа многокомпонентных механических систем результатом получения которых будет:

Формирование новых профессиональных компетенций:

| Перечень профессиональных компетенций и (или) трудовых функций | Характеристика профессиональных компетенций | | |
|---|--|--|---|
| | Перечень знаний | Перечень умений | Практический опыт |
| Умение работать с программным комплексом «Автоматизированный динамический анализ многокомпонентных механических систем EULER» | Принципы работы с интерфейсом ПК EULER. | Работа с деревом объектов, окнами сообщений. Определение типов создаваемых объектов. Методы создания объектов. Используемые инструменты. | — |
| | Работы с текстовым редактором ПК EULER/ | Создание проекта с использованием текстового редактора. | — |
| | Назначение и принцип работы с файлами, генерируемыми в ПК. | Умение работать с файлами генерируемыми программным комплексом – *.elr, *.elf, *.bak, *.econfg, *.ebg, *.tbl, *.tb2, *.epp, *.efb и др. | — |
| | Назначение и принцип работы с файлами, экспортируемыми в ПК. | Умение работать с файлами генерируемыми программным комплексом – *.elr, *.elf, *.ebg, *.tbl, *.tb2, *.efb, *.xml, *.ect и др.). | — |
| | Знание различий между функционалами режимов моделирования: | Умение использовать при создании проекта режимы: редактирования, исследования, просмотра результатов, режима испытания. | Создание простого проекта |
| Создание простых компьютерных динамических моделей в ПК EULER | Постановка задачи и подбор исходных данных для создания проектов с простыми объектами. | Создавать проекты с использованием: шарниров, пружин, шестерней, объектов качения. | Создание проекта с использованием простых объектов с помощью инструментария ПК EULER. |

| Перечень профессиональных компетенций и (или) трудовых функций | Характеристика профессиональных компетенций | | |
|--|---|--|--|
| | Перечень знаний | Перечень умений | Практический опыт |
| | Создание проектов с использованием колебания механических систем. | Создавать компьютерные модели колебания механических систем в ПК, включающие в себя: а) программное движение; б) начальные условия; в) события; г) изменения механизма в процессе анализа; д) упругие тела; е) агрегаты; ж) составные объекты; з) импортированную из CAD-систем геометрию. | Создание компьютерной модели колебания механических систем в с использованием инструментария ПК. |
| Создание сложных проектов динамических моделей в ПК EULER | Создание проектов с использованием моделей агрегатов, составных моделей, ударных взаимодействий. | Создавать модели: агрегатов; составные модели; модели с ударными взаимодействиями. | Создание проекта с использованием: моделей агрегатов и составных моделей. |
| | Использование табличных файлов и команд анализа. | Создавать табличные файлы проектов. Знать команды анализа для исследования. | Создание проекта с использованием табличных файлов. Проведение анализа результатов расчёта. |
| | Работа со списками. | Знать правила создания проектов со списками. | Создание проекта с использованием списков. |
| | Использование контактных взаимодействий объектов. | Знать правила создания проектов с использованием контактных взаимодействий объектов. | Создание проекта с использованием контактных взаимодействий объектов. |
| | Использование КЭ-моделей. | Создавать компьютерные модели с использованием КЭ-моделей. | Создание проекта с использованием КЭ-моделей. |
| | Импорт геометрии из CAD-систем. | Выполнять импорт геометрии из CAD-систем. | Создание проекта с использованием импорта геометрии из CAD-системы. |
| | Дифференциальные уравнения Подключение динамических библиотек dll. | Создавать проекты с использованием дифференциальных уравнений. Выполнять подключение динамических библиотек dll. | Создание проекта с использованием дифференциальных уравнений и подключения динамических библиотек dll. |
| Решение актуальных задач | Постановка задачи. Определение целей и задач моделирования, степени детализации и концепции исследования. Формирование исходных данных. | Поставить задачу по созданию компьютерной модели. Определять цели и задачи моделирования, степень детализации и концепцию исследования. Формировать исходные данные для создания проекта. | Постановка задачи и цели для моделирования актуальной задачи. |
| | Создание компьютерной модели. | Создать компьютерную модель с использованием геометрии импортированной из CAD системы, определить расчётные звенья, шарниры, силовые элементы, датчики. Установить начальные условия, программное движение и изменения механизма. | Создание актуальной компьютерной модели. Провести исследования механизма в компьютерной модели. |

| Перечень профессиональных компетенций и (или) трудовых функций | Характеристика профессиональных компетенций | | |
|--|---|--|--|
| | Перечень знаний | Перечень умений | Практический опыт |
| | | Провести исследования механизма. Сформировать результаты моделирования. | Сформировать результаты моделирования. |

По результатам обучения присвоение выпускнику новой квалификации не предусматривается.

По результатам итоговой аттестации удостоверяется право выпускника на ведение профессиональной деятельности в области автоматизированного динамического анализа многокомпонентных механических систем в динамике и проведения инженерных расчётов в программном комплексе EULER.

УЧЕБНЫЙ ПЛАН

| п/п | Наименование модулей (дисциплин) и тем | Трудоёмкость, ак. час. | Из них занятий | | Форма аттестации, трудоёмкость, ак. час. |
|-----------|--|------------------------|------------------|--------------------|--|
| | | | Лекционного типа | Практического типа | |
| 1. | Модуль 1 Знакомство с ПК и его возможностями | 4 | 2 | 2 | |
| 1.1 | Вводная лекция «Динамический анализ механических систем в ПК EULER» | 1 | 1 | | |
| 1.2 | Экскурс по интерфейсу ПК | 1 | 1 | | |
| 1.3 | Создание простого проекта в ПК | 2 | | 2 | |
| 2 | Модуль 2 Простые объекты | 7 | 2 | 5 | |
| 2.1 | Колебания механических систем | 1 | 1 | | |
| 2.2 | Создание проектов с простыми шарнирами | 1 | | 1 | |
| 2.3 | Создание проектов с простыми пружинами | 1 | | 1 | |
| 2.4 | Создание проектов с шестернями | 1 | | 1 | |
| 2.5 | Создание проектов с качением | 1 | | 1 | |
| 2.6 | Закрепление пройденного материала Форматы файлов проекта Сохранение и просмотр результатов | 2 | 1 | 1 | |
| 3 | Модуль 3 Сложные проекты | 15 | 4 | 11 | |
| 3.1 | Агрегирование | 2 | | 2 | |
| 3.2 | Ударные взаимодействия, демпфирование, эквивалентная масса | 1 | 1 | | |
| 3.3 | Составные объекты | 1 | | 1 | |
| 3.4 | Табличные файлы Аэродинамика Команды анализа | 1 | 1 | 1 | |
| 3.5 | Создание списков по шаблону | 2 | | 2 | |
| 3.6 | Контактные взаимодействия | 1 | | 1 | |
| 3.7 | Создание и использование КЭ-моделей | 2 | 1 | 1 | |
| 3.8 | Импорт геометрии из CAD-систем | 2 | 1 | 1 | |
| 3.9 | Подключение динамических библиотек dll Дифференциальные уравнения | 1 | | 1 | |
| 3.10 | Закрепление пройденного материала Запись результатов расчёта в видеофайл | 1 | | 1 | |

| п/п | Наименование модулей (дисциплин) и тем | Трудоёмкость, ак. час. | Из них занятий | | Форма аттестации, трудоёмкость, ак. час. |
|-----------|--|------------------------|------------------|--------------------|--|
| | | | Лекционного типа | Практического типа | |
| 4 | Модуль 4 Решение актуальной задачи | 5 | | 5 | |
| 4.1 | Постановка задачи Определение целей и задач моделирования, степени детализации и концепции исследования Формирование исходных данных | 1 | | 1 | |
| 4.2 | Создание компьютерной модели в ПК: - геометрия; - расчётные звенья; - шарниры и силовые элементы; - датчики; - начальные условия, программное движение, изменения механизма | 3 | | 3 | |
| 4.3 | Исследования механической системы Формирование результатов моделирования Подведение итогов | 1 | | 1 | |
| 5. | Итоговая аттестация | 1 | | | Зачёт 1 |
| | Итого | 32 | 8 | 23 | 1 |

КАЛЕНДАРНЫЙ УЧЕБНЫЙ ГРАФИК

| № п/п | Наименование дисциплины | Количество академических часов | | | |
|-------|---|--------------------------------|----------|----------|----------|
| | | Д1 | Д2 | Д3 | Д4 |
| | Модуль 1 Знакомство с ПК и его возможностями | 4 | | | |
| | Модуль 2 Простые объекты | 4 | 3 | | |
| | Модуль 3 Сложные проекты | | 5 | 8 | 2 |
| | Модуль 4 Решение актуальной задачи | | | | 5 |
| | Итоговая аттестация | | | | 1 |
| | Всего часов | 8 | 8 | 8 | 8 |

РАБОЧИЕ ПРОГРАММЫ МОДУЛЕЙ

| Модуль 1 | |
|--|--|
| Тема | Приобретённые навыки, знания и умения |
| Вводная лекция, презентация: <ul style="list-style-type: none"> – Обзор средств CAD/CAM/CAE – Обзор технологии и программных средств моделирования механических систем (МКЭ, ММС) – Технология моделирования в EULER – Демонстрация примеров моделирования | Общее представление о ПК и его возможностях |
| Знакомство с программой | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Интерфейс ПК ✓ Текстовый редактор ПК ✓ Справка ✓ Работа с документацией |
| Построение маятника вместе с преподавателем | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Создание проекта ✓ Создание геометрических объектов ✓ Создание звеньев ✓ Создание шарниров ✓ Режимы редактирования и исследования ✓ Гравитация ✓ Работа с видом проекта ✓ Просмотр графиков и значений датчиков ✓ Инерциальное звено |
| Знакомство с элементами состояния механизма: condition, event, reform. Добавление этих элементов в проект маятника | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Начальное состояние механизма (condition) ✓ Событие (event) ✓ Изменение механизма (reform) |

| Модуль 2 | |
|--|---|
| Тема | Приобретённые навыки, знания и умения |
| Решение задачи 34 [13] вместе с преподавателем. Дополнительно может быть решена задача 70 [] | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Формулы ✓ Направления шарниров и датчиков |
| Самостоятельное решение задачи 54 [14] | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Создание силовых элементов |
| Теоретическая часть: прикрепление вектора, пользовательский шарнир. Решение задачи 93 [12]] вместе с преподавателем | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Прикрепление вектора ✓ Пользовательский шарнир |
| Лекция: Колебания механических систем | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Уравнения колебаний ✓ Собственные частоты ✓ Затухание колебаний ✓ Нелинейные системы |
| Решение задачи 59 [14] с заранее подготовленной геометрией, выполняется совместно с преподавателем | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Функция (function) ✓ Программное движение (motion) ✓ Датчики сил |

| | |
|--|---|
| Самостоятельное решение задачи 54 [14] | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Зубчатые пары ✓ Качество отображения тел |
| Теоретическая часть: форматы файлов, просмотр и сохранение результатов | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Форматы файлов: ВАК, ECONF, EPP, ELR, ELF, TBL ✓ Режим просмотра результатов ✓ Сохранение результатов |

| | |
|---|--|
| ✓ Модуль 3 | |
| Тема | Приобретённые навыки, знания и умения |
| Совместно с преподавателем создание проекта: Маятники на подвижной опоре | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Агрегирование ✓ Параметры агрегата ✓ Фильтр агрегата ✓ Обновление проекта ✓ Привязочный узел ✓ Установочный узел ✓ Копирование проекта |
| Лекция: Ударные взаимодействия, демпфирование, эквивалентная масса | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Ударные взаимодействия ✓ Демпфирование ✓ Эквивалентная масса |
| Теоретическая часть: Составные объекты. Добавления составных объектов в проект Маятник совместно с преподавателем | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Составные объекты |
| Совместно с преподавателем запись видеофайлов результатов анализа. Демонстрация преподавателем дополнительных возможностей работы в разных режимах проекта | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Запись видеофайлов ✓ Режим испытания ✓ Интерфейсные формы |
| Демонстрация преподавателем подключения динамических библиотек DLL. Создание дифференциальных уравнений в ПК совместно с преподавателем | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Подключение пользовательских библиотек DLL ✓ Дифференциальные уравнения в ПК ✓ Расчётный интерфейс |
| Закрепление пройденного материала. Обзор нерассмотренных функций, обзор справки | |

| | |
|-----------------------------|---|
| ✓ Модуль 4 | |
| Тема | Приобретённые навыки, знания и умения |
| Решение задачи от Заказчика | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Решение актуальной задачи |

ОРГАНИЗАЦИОННО–ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

Реализация учебной программы осуществляется в полном соответствии с требованиями законодательства Российской Федерации в области образования, нормативными правовыми актами, регламентирующими данное направление деятельности.

Требования к квалификации педагогических кадров, представителей предприятий и организаций, обеспечивающих реализацию образовательного процесса

Реализация образовательного процесса обеспечивается высококвалифицированным преподавательским составом, имеющим высшее образование и отвечающим квалификационным требованиям, указанным в Едином квалификационном справочнике, утверждённом приказом Минздравсоцразвития России от 11.01.2011 № 1н[11], научными работниками, руководителями и специалистами профильных организаций и предприятий, имеющими большой опыт практической работы (свыше 4-х лет) в области профессиональной деятельности, соответствующей направленности программы.

Количественно качественная характеристика педагогических кадров, обеспечивающих образовательный процесс, отражена в следующей таблице:

| Доценты, старшие преподаватели, (имеющие учёную степень и/или учёное звание) | Научные работники | Руководители и специалисты организаций и предприятий | Иные категории преподавательского состава |
|--|-------------------|--|---|
| 1 | | 2 | |

Требования к материально-техническим условиям

Для обеспечения проведения всех видов занятий предусмотрено использование нижеуказанных помещений и обучающих технических комплексов и средств, способствующих лучшему теоретическому и практическому усвоению программного материала.

| Общая характеристика помещения | Количество помещений | Вместимость помещения, чел. | Оснащение средствами отображения данных, доступа к информационным сетям. |
|--------------------------------|----------------------|-----------------------------|--|
| компьютерный класс | 1 | 10 | Оснащён средствами отображения данных на большой экран; Имеется доступ к сети Интернет |

Требования к информационным и учебно-методическим условиям

| Наименование информационно - коммуникационных ресурсов, технических средств, программных продуктов, учебных, справочных, учебно-методических и иных материалов | Количество | Основные характеристики |
|--|------------|--|
| Персональный компьютер | 6 | ПК Intel DP43BF/ Intel Core 2 Quad Q6600 2400/ 8182 МБ/SanDisk Ultra II 240GB/ Samsung SSD 870 EVO 500GB/ Hitachi HDP725050GLA360 / GeForce GT 730 ПК Intel DP67BG/ Intel Core i7 2600 3400/ 16366 МБ/ Samsung SSD 870 EVO 500GB/ WD 1002FAEX/ SanDisk SDSSDHII240G/ NVIDIA GeForce GT 1030 ПК Gigabyte EX58-UD3R/ Intel Core i7 920 2670/ 12288 МБ/ Samsung SSD 870 EVO 500GB/ Samsung SSD 870 EVO 500GB/ WDC WD7500AACS-00D6B1/ NVIDIA GeForce GT 1030 ПК Asustek P5K PRO/ Intel Core 2 Duo E8200 2666/ 8192 МБ/ Samsung SSD 850 PRO 128GB/ Samsung SSD 850 PRO 128GB/ ST3500320AS ATA Device /NVidia GeForce 8500 GT |
| Маршрутизатор | | Keenetic Ultra |
| Программный комплекс EULER[15] | 1 | Сетевая лицензия на 10 рабочих мест |
| Проектор | 1 | Epson LCD H362B- NMLF160291L |
| Плакаты | 5 | б/н |

Общие требования к организации образовательного процесса

Реализация программы осуществляется проведением занятий в учебном компьютерном классе, в котором оборудованы пять рабочих мест, с возможностью увеличения до десяти рабочих мест. На экран с компьютера преподавателя проецируется учебный материал, который используется обучающимися для работы на своих рабочих местах. Все занятия проводятся путём непосредственного взаимодействия преподавателя со обучающимися.

Этапы формирования компетенций:

- формирование базы знаний, путём чтения лекций;
- формирование умений и навыков практического использования знаний на примерах из учебников по теоретической механике и опыта работы на своём предприятии;
- проверка усвоения материала путём проведения зачёта по пройденному материалу.

Учебно-методическая помощь обучающимся оказывается преподавателем в форме индивидуальных консультаций в ходе проведения занятий.

Обучение завершается итоговой аттестацией. К итоговой аттестации допускаются обучающиеся, освоившие учебный план в полном объёме.

Итоговая аттестация проводится комиссией в составе не менее трёх человек путём объективной оценки качества подготовки обучающегося.

В ходе аттестации обучающемуся необходимо ответить на содержащийся в билете три

тематических вопроса и решить одну практическую задачу.

Вопросы и практические задачи, содержащихся в билетах, имеют равный уровень сложности. Предлагаемые вопросы в виде тестов имеют один однозначно определяемый правильный ответ.

Оценка знаний, умений навыков аттестуемых лиц поводится в следующем порядке:

- Оценка правильности ответов на вопросы в билете;
- Оценка правильности решения тестовой задачи.

Зачёт засчитывается при условии правильного ответа не менее чем на два вопроса и решения практической задачи за время отведённого на подготовку.

По результатам прохождения итоговой аттестации в форме зачёта выставляется оценка по двухбалльной системе («зачтено», «не зачтено»), с учётом следующих критериев:

– оценки «зачтено» - обучающийся показал полное освоение предусмотренных ДПП знаний, умений, компетенций, всестороннее и глубокое изучение литературы, проявил творческие способности в понимании и применении на практике содержания обучения;

– оценки «зачтено» обучающийся показал освоение предусмотренных ДПП знаний, умений, компетенций, изучение рекомендованной литературы, проявил способности к самостоятельному пополнению и обновлению знаний в ходе дальнейшего обучения и профессиональной деятельности;

– оценки «зачтено» обучающийся показал частичное освоение предусмотренных ДПП знаний, умений, компетенций, ознакомление с рекомендованной литературой, не в полной мере сформированность новых компетенций и профессиональных умений для осуществления профессиональной деятельности;

– оценки «не зачтено» - обучающийся не показал освоение предусмотренных ДПП знаний, умений, компетенций, допустил серьезные ошибки в выполнении предусмотренных ДПП заданий.

На подготовку к ответу отводится один академический час.

ФОРМЫ АТТЕСТАЦИИ

Итоговая аттестация обучающихся проводится в форме зачёта.

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Для итоговой аттестации:

– Подготавливается два комплекта билетов из десяти билетов каждый. В каждом билете три тематических вопроса и одна практические задачи.

– Ведомость итоговой аттестации (стр.27).

Перечни вопросов и основные тесты для подготовки и проведения итоговой аттестации приведены в разделе «Методические материалы»

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон от 29.12.2012 № 273-ФЗ (ред. от 04.08.2023) «Об образовании в Российской Федерации» (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.09.2023).
2. Постановление Правительства РФ от 31.05.2021 № 825 (ред. от 30.09.2023) «О федеральной информационной системе «Федеральный реестр сведений о документах об образовании и (или) о квалификации, документах об обучении» (вместе с «Правилами формирования и ведения федеральной информационной системы «Федеральный реестр сведений о документах об образовании и (или) о квалификации, документах об обучении»)
3. Постановление Правительства РФ от 20 октября 2021 г. № 1802 «Об утверждении Правил размещения на официальном сайте образовательной организации в информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и обновления информации об образовательной организации, а также о признании утратившими силу некоторых актов и отдельных положений некоторых актов Правительства Российской Федерации»
4. Приказ Минобрнауки России от 27.07.2021 № 670 (ред. от 22.02.2023) «Об утверждении Порядка заполнения, учета и выдачи документов о высшем образовании и о квалификации, приложений к ним и их дубликатов»
5. Приказ Минтруда России от 26.07.2021 № 502н «Об утверждении профессионального стандарта «Инженер-конструктор по ракетостроению»
6. Приказ Минтруда России от 28.07.2021 № 518н «Об утверждении профессионального стандарта «Инженер-конструктор по динамике и прочности изделий в ракетно-космической промышленности»
7. Приказ Минтруда России от 15.09.2021 № 631н «Об утверждении профессионального стандарта «Специалист по прочностным расчётам авиационных конструкций»
8. Приказ Минтруда России от 05.10.2021 № 678н «Об утверждении профессионального стандарта «Инженер-конструктор по динамике полёта и управлению летательным аппаратом в ракетно-космической промышленности»
9. Приказ Минтруда России от 21.10.2021 № 753н «Об утверждении профессионального стандарта «Специалист по проектированию и конструированию авиационной техники»
10. Приказ Министерства образования и науки РФ от 1 июля 2013 г. № 499 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по дополнительным профессиональным программам»
11. Приказ Минсоцразвития Российской Федерации от 11 января 2011 г. № 1н «Об утверждении единого квалификационного справочника должностей руководителей, специалистов и служащих, раздел «Квалификационные характеристики должностей руководителей и специалистов высшего профессионального и дополнительного профессионального образования» (в ред. Приказа Минтруда РФ от 25.01.2023 № 39н).
12. Сборник задач по теоретической механике. И.Н. Веселовский. М.: Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1955. – 500 с.
13. Сборник задач по теоретической механике. Под ред. К.С. Колесникова. М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1983. – 320 с.
14. Задачи по теоретической механике. И.В. Мещерский. СПб.: Издательство «Лань», 2001. – 448 с.
15. Программный комплекс автоматизированного динамического анализа многокомпонентных механических систем. Версия 12, Руководство пользователя, ООО «АвтоМеханика», Москва. 2024. – 201 с.

МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

Практические задачи решаемые в ходе проведения занятий

Задача 34

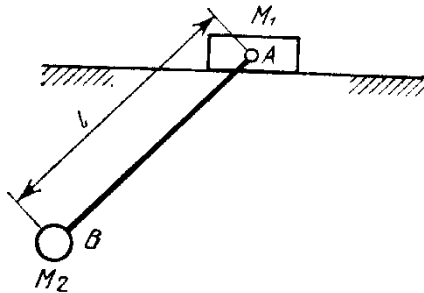
(Задача 9.73. Сборник задач по теоретической механике/ Под ред. К.С. Колесникова. М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1983. – 320 с.)

Эллиптический маятник состоит из ползуна M_1 массы m , находящейся на горизонтальной гладкой плоскости, и шарика M_2 той же массы m , соединенного с ползуном стержнем AB длины l , имеющим возможность вращаться вокруг оси A , связанной с ползуном и перпендикулярной плоскости рисунка. Стержень AB приводят в горизонтальное положение и отпускают без начальной скорости.

Определить угловую скорость стержня в момент, когда шарик будет находиться в крайнем нижнем положении. Размерами шарика и массой стержня AB пренебречь.

Для решения задачи использовать следующие значения параметров:

$$m = 1 \text{ кг}, l = 0.2 \text{ м.}$$



Точный теоретический ответ

$$\omega = 2 \cdot \sqrt{\frac{g}{l}}$$

При решении в EULER продемонстрировать точность не ниже 6-ти значащих цифр:

$$\left| \frac{X_{EULER} - X_{theoretical}}{X_{theoretical}} \right| \leq 10^{-6}$$

Задача 70

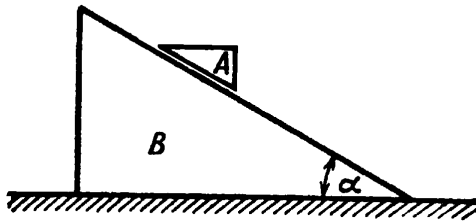
(Задача 48.28. Задачи по теоретической механике. И.В. Мещерский. СПб.: Издательство «Лань», 2001. – 448 с.)

Призма A массы m скользит по гладкой боковой грани призмы B массы m_1 , образующей угол α с горизонтом.

Определить ускорение призмы B . трением между призмой B и горизонтальной плоскостью пренебречь.

Для решения задачи использовать следующие значения параметров:

$m = 1$ кг, $m_1 = 2$ кг, $\alpha = 30$ град.



Точный теоретический ответ

$$a = \frac{m \cdot g \cdot \sin 2\alpha}{2 \cdot (m_1 + m \cdot \sin^2 \alpha)}$$

При решении в EULER продемонстрировать точность не ниже 6-ти значащих цифр:

$$\left| \frac{X_{EULER} - X_{theoretical}}{X_{theoretical}} \right| \leq 10^{-6}$$

Задача 93

(Задача 952. Сборник задач по теоретической механике. И.Н. Веселовский. М.: Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1955. – 500 с.)

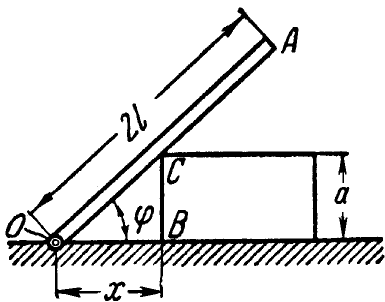
Однородный тяжелый стержень длины $2l$ и веса $Q = m_1 g$, закрепленный шарнирно в точке O , опирается на параллелепипед веса $P = m_2 g$ и высоты a , перемещающийся без трения по горизонтальной плоскости. В начальный момент стержень составлял с горизонтом угол φ_0 и все тела системы неподвижны.

Определить скорость v движения параллелепипеда, когда стержень будет находиться под углом φ к горизонту.

Для решения задачи использовать следующие значения параметров:

$$m_1 = 20 \text{ [kg]}; m_2 = 10 \text{ [kg]}; l = 0.5 \text{ [m]}; a = 0.2 \text{ [m]};$$

$$\varphi_0 = 60 \text{ [deg]}; \varphi = 30 \text{ [deg]}; g = 9.81 \text{ [m/s}^2\text{]}.$$



Точный теоретический ответ

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot m_1 \cdot g \cdot l \cdot (\sin \varphi_0 - \sin \varphi)}{m_2 + \frac{4 \cdot m_1 \cdot l^2 \cdot \sin^4 \varphi}{3 \cdot a^2}}}$$

При решении в EULER продемонстрировать точность не ниже 6-ти значащих цифр:

$$\left| \frac{X_{EULER} - X_{theoretical}}{X_{theoretical}} \right| \leq 10^{-6}$$

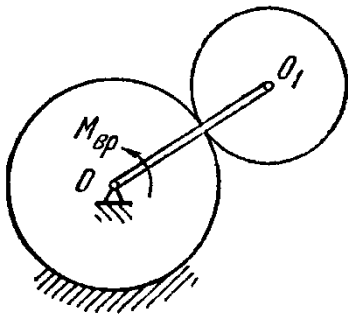
Задача 59

(Задача 38.50. Задачи по теоретической механике. И.В. Мещерский. СПб.: Издательство «Лань», 2001. – 448 с.)

К кривошипу OO_1 эпициклического механизма, расположенного в горизонтальной плоскости, приложен вращающий момент $M_{вп} = M_0 - a\omega$, где M_0 и a – положительные постоянные, а ω – угловая скорость кривошипа. Масса кривошипа равна m , M – масса сателлита (подвижного колеса). Считая кривошип тонким однородным стержнем, а сателлит – однородным круглым диском радиуса r , определить угловую скорость ω кривошипа как функцию времени. Радиус неподвижной шестерни равен R ; силами сопротивления пренебречь.

При моделировании в EULER необходимо найти угловую скорость в заданный момент времени t . Для решения задачи использовать следующие значения параметров:

$$m = 1 \text{ кг}, M = 2 \text{ кг}, R = 0.2 \text{ м}, r = 0.15 \text{ м}, M_0 = 10 \text{ Нм}, a = 0.1 \text{ Нмс}, t = 5 \text{ с}.$$



Точный теоретический ответ

$$\omega = \frac{M_0}{a} \cdot \left(1 - e^{-\frac{a \cdot t}{J}} \right), \text{ где } J = \left(\frac{m}{3} + \frac{3 \cdot M}{2} \right) \cdot (R + r)^2.$$

При решении в EULER продемонстрировать точность не ниже 6-ти значащих цифр:

$$\left| \frac{X_{EULER} - X_{theoretical}}{X_{theoretical}} \right| \leq 10^{-6}$$

Контрольные задания

Задача 54

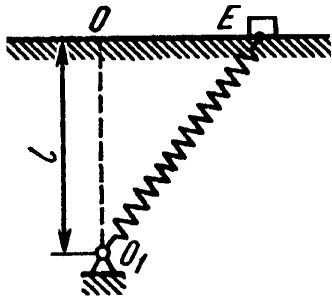
(Задача 30.1. Задачи по теоретической механике. И.В. Мещерский. СПб.: Издательство «Лань», 2001. – 448 с.)

Тело E , масса которого равна m , находится на гладкой горизонтальной плоскости. К телу прикреплена пружина жесткости k , второй конец которой прикреплен к шарниру O_1 . Длина недеформированной пружины равна l_0 ; $OO_1 = l$. В начальный момент тело E отклонено от положения равновесия O на конечную величину $OE = a$ и отпущено без начальной скорости.

Определить скорость тела E в момент прохождения положения равновесия O .

Для решения задачи использовать следующие значения параметров:

$$m = 20 \text{ [kg]}; k = 1000 \text{ [N/m]}; l_0 = 0.3 \text{ [m]}; l = 0.5 \text{ [m]}; a = 0.4 \text{ [m]}.$$



Точный теоретический ответ

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot k}{m} \cdot \left[\frac{a^2}{2} + l_0 \cdot \left(l - \sqrt{l^2 + a^2} \right) \right]}.$$

При решении в EULER продемонстрировать точность не ниже 6-ти значащих цифр:

$$\left| \frac{X_{EULER} - X_{theoretical}}{X_{theoretical}} \right| \leq 10^{-6}$$

Задача 35

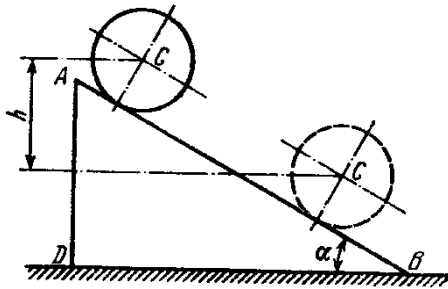
(Задача 3.74. Сборник задач по теоретической механике/ Под ред. К.С. Колесникова. М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1983. – 320 с.)

На горизонтальной гладкой плоскости помещена треугольная призма ABD массы m с углом α . По грани призмы AB катится без скольжения однородный круглый цилиндр массы m .

Определить скорость центра цилиндра C в тот момент, когда он опустится на высоту h . В начальный момент призма и цилиндр находились в покое.

Для решения задачи использовать следующие значения параметров:

$m = 1$ кг, $h = 0.1$ м, $\alpha = 30$ град.



Точный теоретический ответ

$$v_C = \frac{\sqrt{7 \cdot g \cdot h}}{3}$$

При решении в EULER продемонстрировать точность не ниже 6-ти значащих цифр:

$$\left| \frac{X_{EULER} - X_{theoretical}}{X_{theoretical}} \right| \leq 10^{-6}$$

Тематические вопросы

Модуль 1:

- 1) Как открыть Help из программного комплекса?
- 2) Что такое справочник проекта?
- 3) В чем различия между телами и звеньями?
- 4) Как создать объект «по месту»?
- 5) Какие существуют реформы изменения кинематических связей в шарнире?

Модуль 2:

- 6) Какое максимальное число аргументов может быть у объекта «функция»?
- 7) В чем различие между первым и вторым звеном при создании шарниров?
- 8) В чем различие между сохранением проекта и сохранения текстового редактора?
- 9) Какая информация хранится в файлах с расширением ВАК.
- 10) Какие функции недоступны в режиме «исследования» по сравнению с режимом «редактирования»?

Модуль 3:

- 11) Объекты какого типа могут быть параметрами агрегата?
- 12) Чем отличаются команды анализа «краевая задача» и «покоординатная оптимизация» и что у них общего?
- 13) Какие недостатки при импорте геометрии из STEP файла по сравнению с импортом из САД-систем?
- 14) Какая информация хранится в EFB файле при создании упругого тела?

Модуль 4:

- 15) Как открыть примеры моделирования через ПК?
- 16) Какое расширение имеют файлы с результатами моделирования?

Перечень вопросов для подготовки к итоговой аттестации

- 1) Для чего нужен режим «просмотра результатов»?
- 2) Какие датчики создаются автоматически при создании шарниров?
- 3) Можно ли в ПК создавать звенья без геометрии?
- 4) Какие звенья в проекте могут быть безмассовыми?
- 5) Какой синтаксис создания любого объекта в текстовом редакторе?
- 6) Как открыть справку объекта?
- 7) Какие объекты позволяют задавать начальное состояние системы?
- 8) Как обозначаются в выражении аргументы функции?
- 9) В чем разница между «замороженным» и «размороженным» шарниром?
- 10) В чем разница между «включенным» и «выключенным» объектом?
- 11) В каких ситуациях можно использовать файлы с расширением TBL?
- 12) Что такое шаг вывода результатов?
- 13) Что такое масштаб показа результатов?
- 14) Какие объекты не передаются из агрегата в головной проект?
- 15) Что такое установочный узел при добавлении агрегата в проект?
- 16) Что из себя представляют составные объекты?
- 17) Какими основными характеристиками задаются аэродинамические силовые элементы?
- 17) Для каких объектов необходимо создавать объекты medium?
- 18) Какой тип объекта у шаблона, по которому можно создавать списки объектов?

Основные тесты для самоконтроля и подготовки к итоговой аттестации

Задача 13

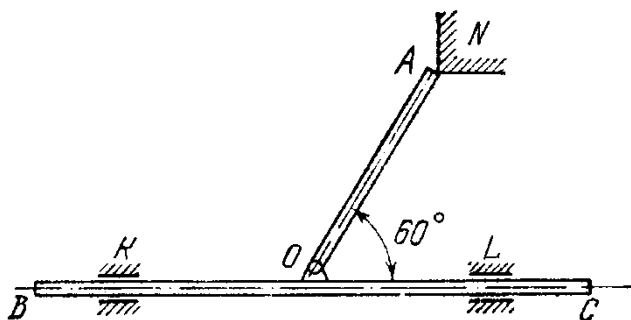
(Задача 9.7. Сборник задач по теоретической механике/ Под ред. К.С. Колесникова. М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1983. – 320 с.)

Однородный стержень OA длины l и массы m расположен в вертикальной плоскости и шарнирно связан со стержнем BC массы $3m$, имеющим возможность двигаться в горизонтальных направляющих R и L . Стержень OA срывается с выступа N и падает на стержень BC .

Пренебрегая трением в опорах, определить смещение, которое получает при этом стержень BC .

Для решения задачи использовать следующие значения параметров:

$$m = 2 \text{ кг}, l = 0.5 \text{ м}.$$



Точный теоретический ответ

$$s = \frac{l}{16}.$$

При решении в EULER продемонстрировать точность не ниже 6-ти значащих цифр:

$$\left| \frac{X_{EULER} - X_{theoretical}}{X_{theoretical}} \right| \leq 10^{-6}.$$

Задача 37 (А)

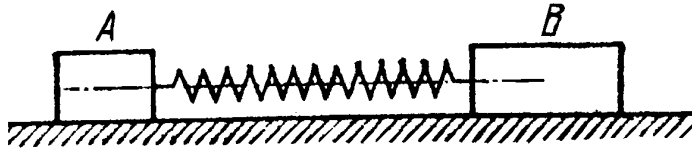
(Задача 9.76. Сборник задач по теоретической механике/ Под ред. К.С. Колесникова. М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1983. – 320 с.)

Два груза A и B , имеющие массы m и $2m$ соответственно, связаны между собой пружиной с коэффициентом жесткости c и находится на горизонтальной гладкой плоскости. В начальный момент грузы развели в стороны, так что пружина растянулась из свободного состояния на величину λ , и отпустили без начальной скорости.

Определить скорость груза A в тот момент, когда деформация пружины станет равна нулю.

Для решения задачи использовать следующие значения параметров:

$$m = 2 \text{ кг}, c = 100 \text{ Н/м}, \lambda = 0.1 \text{ м}.$$



Точный теоретический ответ

$$v_A = \lambda \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot c}{3 \cdot m}}.$$

При решении в EULER продемонстрировать точность не ниже 6-ти значащих цифр:

$$\left| \frac{X_{EULER} - X_{theoretical}}{X_{theoretical}} \right| \leq 10^{-6}.$$

Задача 60 (В)

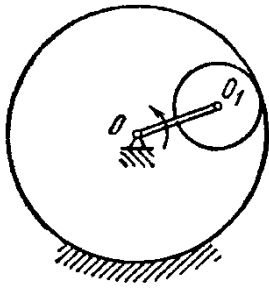
(Задача 38.52. Задачи по теоретической механике. И.В. Мещерский. СПб.: Издательство «Лань», 2001. – 448 с.)

Кривошип OO_1 гипоциклического механизма, расположенного в горизонтальной плоскости, вращается с постоянной угловой скоростью ω_0 . В некоторый момент времени двигатель был отключен и под действием постоянного момента M_{mp} сил трения на оси сателлита (подвижного колеса) механизм остановился.

Определить время τ торможения и угол φ поворота кривошипа за это время, если его масса равна M_1 , M_2 – масса сателлита, R и r – радиусы большого и малого колес. Кривошип принять за однородный тонкий стержень, а сателлит – за однородный диск.

Для решения задачи использовать следующие значения параметров:

$$M_1 = 1 \text{ кг}, M_2 = 2 \text{ кг}, R = 0.5 \text{ м}, r = 0.1 \text{ м}, \omega_0 = 1000 \text{ град/с}, M_{mp} = 10 \text{ Нм}.$$



Точный теоретический ответ

$$\tau = \frac{r \cdot J}{R \cdot M_{mp}} \cdot \omega_0$$

$$\varphi = \frac{r \cdot J}{2 \cdot R \cdot M_{mp}} \cdot \omega_0^2$$

$$J = \left(\frac{M_1}{3} + \frac{3 \cdot M_2}{2} \right) \cdot (R - r)^2$$

где

При решении в EULER продемонстрировать точность не ниже 6-ти значащих цифр:

$$\left| \frac{X_{EULER} - X_{theoretical}}{X_{theoretical}} \right| \leq 10^{-6}$$

Задача 98 (А)

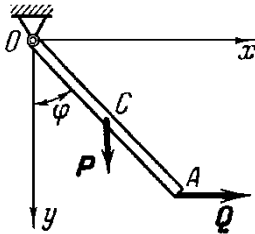
(Задача 972. Сборник задач по теоретической механике. И.Н. Веселовский. М.: Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1955. – 500 с.)

Однородный стержень весом $P=mg$ подвешен вертикально за один конец.

Какую горизонтальную силу Q надо приложить к другому концу, чтобы стержень отклонился на угол φ от вертикали?

Для решения задачи использовать следующие значения параметров:

$m = 10$ кг, $\varphi = 45$ град.



Точный теоретический ответ

$$Q = \frac{m \cdot g \cdot \operatorname{tg} \varphi}{2}$$

При решении в EULER продемонстрировать точность не ниже 6-ти значащих цифр:

$$\left| \frac{X_{EULER} - X_{theoretical}}{X_{theoretical}} \right| \leq 10^{-6}$$

ООО «АВТОМЕХАНИКА»

ВЕДОМОСТЬ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ

« ___ » _____ 20__ г.

№ _____

Дополнительная профессиональная программа повышения квалификации)

«Основы моделирования в программном комплексе EULER. Базовый уровень»

(наименование программы)

Учебная группа № _____

Трудоёмкость программы _____ 32 ак. час.

Период обучения: с «___» _____ 20__ г. по «___» _____ 20__ г.

Форма обучения: очная

Форма итоговой аттестации _____ Зачёт _____
(экзамен, зачёт)

| № п/п | Фамилия, имя, отчество обучающийся | Номер аттестационного билета | Оценка (прописью) |
|-------|------------------------------------|------------------------------|-------------------|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

Подписи преподавателей _____ / _____

(подпись)

(фамилия, инициалы)

_____ / _____

(подпись)

(фамилия, инициалы)

_____ / _____

(подпись)

(фамилия, инициалы)