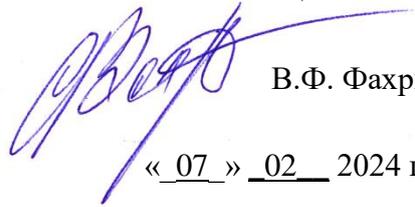


УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор
ООО «НТЦ ИАКМ»



В.Ф. Фахриев

« 07 » 02 2024 г.

**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

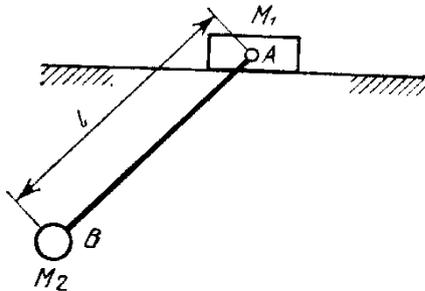
(Задача 9.73. Сборник задач по теоретической механике/ Под ред. К.С. Колесникова. М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1983. – 320 с.)

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

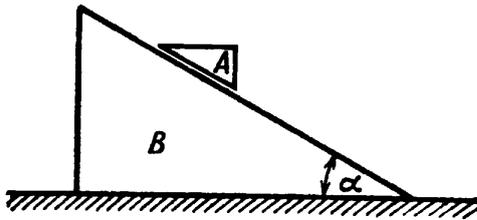
(Задача 48.28. Задачи по теоретической механике. И.В. Мещерский. СПб.: Издательство «Лань», 2001. – 448 с.)

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.)

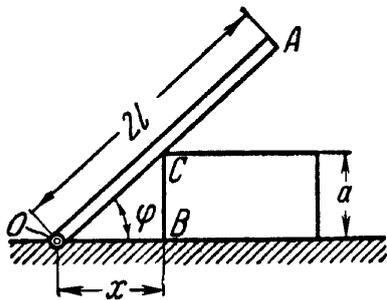
Однородный тяжелый стержень длины $2l$ и веса $Q = m_1 g$, закрепленный шарнирно в точке O , опирается на параллелепипед веса $P = m_2 g$ и высоты a , перемещающийся без трения по горизонтальной плоскости. В начальный момент стержень составлял с горизонтом угол φ_0 и все тела системы неподвижны.

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:

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

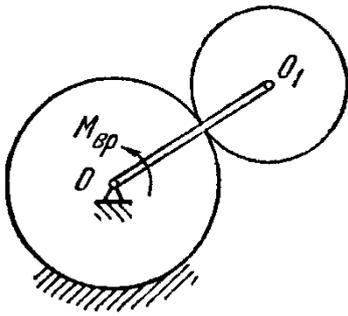
Задача 59

(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 $M_{вр} = M_0 - a\omega$, 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

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

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

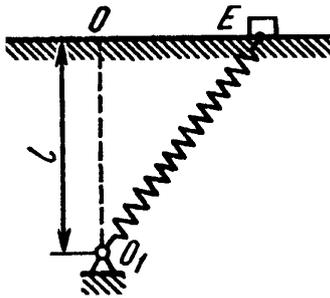
(Задача 30.1. Задачи по теоретической механике. И.В. Мещерский. СПб.: Издательство «Лань», 2001. – 448 с.)

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:

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



Точный теоретический ответ

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

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

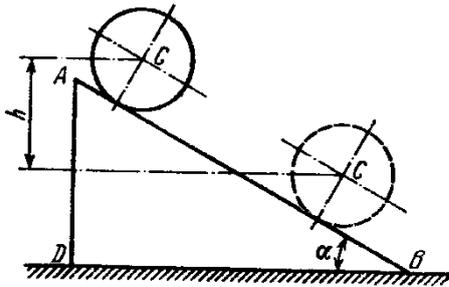
(Задача 3.74. Сборник задач по теоретической механике/ Под ред. К.С. Колесникова. М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1983. – 320 с.)

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 CAD-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

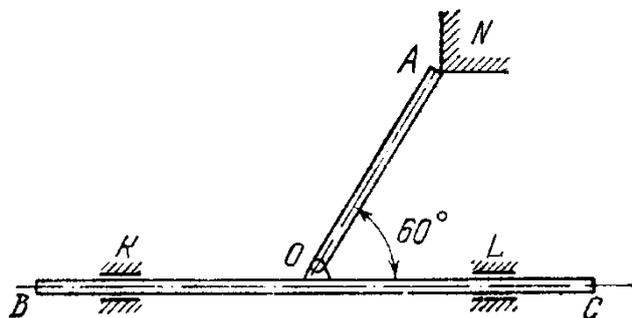
(Задача 9.7. Сборник задач по теоретической механике/ Под ред. К.С. Колесникова. М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1983. – 320 с.)

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)

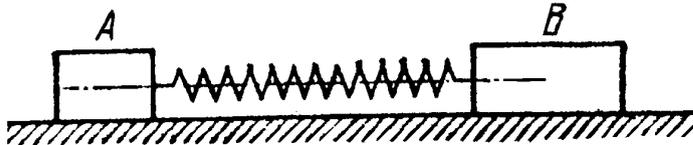
(Задача 9.76. Сборник задач по теоретической механике/ Под ред. К.С. Колесникова. М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1983. – 320 с.)

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)

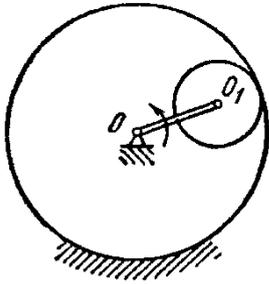
(Задача 38.52. Задачи по теоретической механике. И.В. Мещерский. СПб.: Издательство «Лань», 2001. – 448 с.)

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)

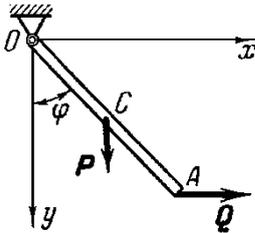
(Задача 972. Сборник задач по теоретической механике. И.Н. Веселовский. М.: Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1955. – 500 с.)

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 «НТЦ ИАКМ»

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)