Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 28.07.2026 18:06:42
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Транспортный факультет

УТВЕРЖДАЮ
И.о. декана
_____ /М.Р. Рыбакова/
«26» февраля 2026г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Разработка инженерного программного обеспечения

Направление подготовки/специальность
15.03.03 Прикладная механика

Профиль/специализация
Программирование и цифровые технологии в динамике и прочности

Квалификация
бакалавр

Формы обучения
очная

Москва, 2026 г.

Разработчик(и):

Профессор, д.т.н  Русанов О.А.

Согласовано:

Заведующий кафедрой «Динамика, прочность машин и сопротивление материалов»,

Д.ф.-м.н., доцент  Скворцов А.А.

Содержание

1. Цели освоения дисциплины. 4
2. Место дисциплины в структуре ООП специалитета. 4
3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения 5
4. Структура и содержание дисциплины. 5
5. Образовательные технологии. 7
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое 7
6.1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю). 8
6.1.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, формируемых по итогам освоения дисциплины (модуля), описание шкал 10
7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины. 11
8. Материально-техническое обеспечение дисциплины. 11
9. Методические рекомендации для самостоятельной работы студентов 11
10. Методические рекомендации для преподавателя 11
Приложение 1. Структура и содержание дисциплины 13
Приложение 2. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ 15

1 Цели и задачи дисциплины

1.1 Цель дисциплины

Целью изучения дисциплины «Разработка инженерного программного обеспечения» является:

– формирование знаний о типовых задачах, структуре, алгоритмах, методах разработки инженерных программных комплексов; об объектно-ориентированных языках программирования; о современных средах разработки программ; о методах реализации высокопроизводительных вычислений и визуальных средствах программирования приложений с графическим интерфейсом; о способах создания прикладного программного обеспечения для инженерного анализа динамики, устойчивости, теплового и напряженно-деформированного состояний конструкций машин, их деталей и узлов;

- подготовка студентов к деятельности в соответствии с квалификационной характеристикой бакалавра по направлению 15.03.03 Прикладная механика, профиль: «Программные и цифровые технологии в динамике и прочности».

1.2 Задачи дисциплины

Задачами дисциплины «Разработка инженерного программного обеспечения» являются:

- ознакомление студентов с возможностями, синтаксическими конструкциями, структурами данных, наборами методов и библиотеками процедур объектно-ориентированного языка программирования при разработке прикладных программ исследования динамики и прочности узлов и агрегатов машин;

- знакомство студентов с одной из современных сред разработки вычислительных программ;

– изучение эффективных визуальных методов разработки приложений и реализации высокопроизводительных численных алгоритмов для анализа динамики и прочности конструкций машин;

- формирование у студентов навыков разработки компонентов инженерных программных комплексов для моделирования конструкций машин, анализа динамики, устойчивости, теплового и напряженно-деформированного состояний их деталей и узлов.

2 Место дисциплины в структуре основных образовательных программ

Дисциплина «Разработка инженерного программного обеспечения» относится к обязательной блока 1 дисциплин (модулей) основной образовательной программы (ООП) по направлению подготовки 15.03.03 Прикладная механика, профиль: «Программные и цифровые технологии в динамике и прочности».

Предшествующими курсами, на которых базируется дисциплина «Разработка инженерного программного обеспечения» являются:

- основы программирования;

- языки программирования для обеспечения программных комплексов динамики и прочности;

- математика (линейная алгебра и дифференциальное исчисление, математический анализ, уравнения математической физики, дифференциальные уравнения и комплексный анализ);

- сопротивления материалов;

- теоретическая механика.

3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Код компетенции	**В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать**	**Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине**
ОПК-11	Способен выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения физико-математический аппарат и современные компьютерные технологии;	ИОПК-11.1 выявляет естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения физико-математический аппарат и современные компьютерные технологии
ОПК-14	Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения	ИОПК-14.1 Разрабатывает алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения

4 Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 9 зачетных единиц, т.е. 324 академических часов (из них 180 часов – самостоятельная работа студентов).

Дисциплина читается на втором, третьем курсах в 3, 4, 5, 6 семестрах. Проводятся лекции - 18 часов, лабораторные работы – 54 часа, практические занятия 72 часа. Форма контроля – экзамен на всех семестрах.

Вид учебной работы	**Всего часов**	**Семестр**			
		3	**4**	**5**	**6**
Общая трудоемкость	324 (9 з.е.)	72 (2 з.е.)	72 (2 з.е.)	72 (2 з.е.)	72 (2 з.е.)
Аудиторные занятия (всего)	144	36	36	34	36
В том числе:					
лекции	18	18	-	-	-
Практические занятия	72	18	18	18	18
Лабораторные занятия	180	-	18	18	18
Самостоятельная работа студента	180	36	36	36	72
Курсовая работа	нет	нет	нет	нет	нет
Курсовой проект	нет	нет	нет	нет	нет
Вид промежуточной аттестации		Экзамен	Экзамен	Экзамен	Экзамен

Структура и содержание дисциплины «Разработка инженерного программного обеспечения» по срокам и видам работы отражены в Приложении 1.

Содержание разделов дисциплины.

Тема 1. Введение.

Обзор актуальных прикладных задач динамики и прочности, при решении которых используют инженерные программные комплексы. Обзор структуры и функционала инженерных программных комплексов динамики и прочности, связанного с осуществлением геометрического моделирования, выполнением дискретизации геометрических объектов, созданием качественных графических изображений, проведением сложных высокопроизводительных параллельных вычислений с большими объемами данных для анализа напряженно-деформированного состояния, колебаний, устойчивости, термического состояний деталей и узлов машин.

Обзор возможностей современных инструментальных средств разработки (сред разработки, компиляторов, отладчиков, библиотек процедур и др.) инженерных комплексов динамики и прочности. Тенденции развития инструментов разработки инженерных программных комплексов для решения задач динамики и прочности.

Обзор аппаратной части вычислительных средств, их архитектуры, компонентов, периферийного оборудования, которое задействуется инженерными программами для решения задач динамики и прочности.

Обзор эффективных и производительных численных алгоритмов, реализуемых в инженерных программных комплексах для решения задач динамики и прочности.

Демонстрация результатов применения разработанных инженерных программных комплексов в исследованиях реальных конструкций машин. Элементы матричной алгебры и геометрического моделирования.

Тема 2. Краткий обзор предшествующих материалов, на которых основан данный курс.

Базовые понятия, термины и определения, основные синтаксические конструкции, структуры данных языка программирования C++.

Алфавитно-цифровые символы, ключевые слова, идентификаторы, знаки операций языка программирования C++. Комментарии в тексте программы.

Простые типы данных, указатели, массивы, структуры. Описание данных в программе.

Логические выражения. Логические операции. Арифметические выражения. Арифметические операции. Приоритет выполнения операций при вычислении значения выражения. Преобразование типов данных.

Базовые операторы языка программирования C++. Операторы присваивания, цикла, условные, перехода, составные.

Перегрузка операторов.

Использование функций. Формальные параметры. Обмен данными по значению и по ссылке. Возвращаемый параметр.

Сложные типы данных. Классы. Структура класса. Понятия объекта класса. Публичные и защищенные элементы класса. Базовые и производные классы. Наследование. Перегружаемые функции.

Инструментальные средства программирования. Интерфейс среды программирования MS Visual Studio. Панели «Обозреватель решений», «Представление классов», «Ресурсы». Способы создания и настройки проекта. Создание ресурсов (диалоговых панелей, панелей инструментов, меню, акселераторов и др.) на основе шаблонов. Использование «Мастера классов» для создания переменных, функций, классов. Возможности выполнения отладки проекта.

Создание консольных приложений. Структура консольной программы. Директивы препроцессора. Глобальное и локальное представление данных. Области видимости переменных. Статическое и динамическое размещение данных. Операции ввода/вывода на консоль управления, в файл. Компиляция и отладка программы.

Создание приложений на основе блока диалога. Обзор средств библиотеки MFC (MS VC++) для создания приложений на основе блока диалога. Использование интерфейсных элементов управления типа: кнопка, окно редактирования, переключатель, списки, бегунок и др. Создание обработчиков событий при работе с элементами управления.

Создание приложений с графическим интерфейсом. Средства библиотеки MFC (MS VC++) для создания приложений с графическим интерфейсом (в архитектуре «документ-представление»). Настройка вида графического приложения. Структура приложений в архитектуре «документ-представление» с одним документом / многими документами.

Работа с графическими инструментами рисования окна: объекты классов кисть, перо, битовый массив, шрифт, регион.

Создание элементов управления: основное меню и его элементы, контекстное меню, панель инструментов. Использование горячих клавиш (акселераторов) для управления программой. Способы работы с мышью. Задание подсказок. Работа со статусной строкой.

Создание дочерних окон и блоков диалога (модальный/немодальный блоки диалога, блок диалога со вкладками).

Общие блоки диалога: открыть файл для чтения, открыть файл для записи, выбор цвета, выбор шрифта текста, печать документа и др.

Запуск приложений из программы. Создание потоков.

Тема 3. Возможности создания реалистических изображений в инженерных программных комплексах с помощью библиотеки OpenGL.

Преимущества использования библиотеки OpenGL для разработки графического интерфейса в инженерных программных комплексах по сравнению с использованием стандартных графических функций (GDI) системы Windows.

Основные принципы векторной и растровой графики. Начальные сведения о библиотеке OpenGL. Организация доступа из инженерной программы к функциям библиотеки. Типы данных в OpenGL.

Средства библиотеки OpenGL для создания графических инженерных программ на языке MS C++. Синтаксические конструкции команд OpenGL. Обзор команд библиотеки базовых функций OpenGL. Основные утилиты в библиотеке утилит OpenGL (GLU - библиотека). Функции дополнительной библиотеки OpenGL (AUX - библиотека).

Тема 4. Разработка простой графической инженерной программы, реализующей функции библиотеки OpenGL. Управление цветом. Векторные примитивы.

Инициализация окна в OpenGL. Задание цвета фона и текущего цвета. Векторные примитивы – вершины, отрезки прямых линий, последовательности отрезков прямых линий (полилинии), замкнутые полилинии, треугольники, веер треугольников, связанные треугольники, четырехугольники, связанные четырехугольники, полигоны (многоугольники). Управление сглаживанием линий при развертке векторного примитива в растр (устранения ступенчатого эффекта). Стороны поверхности многоугольника. Режимы отображения вершин, линий, областей. Управление удалением невидимых линий.

3D-объекты AUX-библиотеки.

Обзор методов удаления невидимых линий. Алгоритмы векторного удаления невидимых линий. Растровое удаление невидимых линий. Тест глубины с использованием Z-буфера.

Разработка инженерной графической программы расчета геометрических характеристик произвольного профиля поперечного сечения балки (расчет площади, статических моментов, положения центра тяжести, главных центральных моментов инерции, определение ориентации главных осей).

Тема 5. Создание средствами OpenGL сложных геометрических объектов.

Обзор методов геометрического моделирования поверхностей.

Использование кривых Безье, NURBS-кривых. Создание поверхностей Безье, NURBS. Триангуляция области. Методы триангуляции в OpenGL.

Тема 6. Работа с растровыми объектами. Формирование, буферизация, вывод битовых объектов средствами OpenGL.

Битовые образы. Вывод битовых объектов. Структура графических данных. Использование буфера/буферов кадра. Структура BMP-файлов. Вывод BMP-файлов средствами OpenGL.

Тема 7. Проецирование пространственных объектов на плоскость

Понятия: система координат объекта, система координат наблюдателя, система координат окна программы, физическая система координат (относится к монитору). Аффинные преобразования координат (поворот, перемещение, отражение). Параллельное и перспективное проецирование. Ортографическое проецирование. Аксонометрическое проецирование (изометрия, диметрия, триметрия). Средства OpenGL для выполнения операций проецирования.

Применение плоскостей отсечения. Выполнение отсечений инструментом «ножницы».

Разработка инженерной графической программы, отображающей трехмерный объект в произвольном масштабе и ракурсе с управлением мышью.

Тема 8. Работа с текстурами в OpenGL

Понятие текстуры. Виды текстур. Параметры текстур. Способы формирования текстур. Нанесение текстуры на объект. Взаимодействие текстур с цветом объекта.

Разработка инженерной графической программы с применением текстур для отображения трехмерного объекта.

Тема 9. Управление цветовыми свойствами объекта. Освещение сцены в OpenGL

Управление освещенностью. Свойства цвета примитивов, из которых формируется объект, без выполнения расчета освещенности. Отображение цвета примитивов с учетом освещенности объекта. Задание для поверхности свойств фонового, диффузионного, зеркального и эмиссионного отражения. Использование понятия «туман» для создания эффекта глубины.

Описание параметров источников света (позиции, направления, интенсивности, степени затухания, углы конуса и других параметров источников фонового, дифузного, зеркального света). Режимы смешения цветов.

Разработка инженерной графической программы, иллюстрирующей возможности применения освещенности к трехмерному объекту.

Тема 10. Создание реалистических изображений в инженерных программах с комплексным использованием возможностей OpenGL

Графические функции программы-препроцессора программной системы метода конечных элементов (МКЭ). Разработка инженерной графической программы-прототипа визуализатора моделей МКЭ с комплексным использованием возможностей OpenGL. Обеспечение взаимодействия разработанной программы с универсальными программными комплексами Ansys, LS-Dyna.

Тема 11. Основы организации параллельного выполнения алгоритмов

Задачи динамики и прочности машин, требующие значительных вычислительных затрат. Алгоритмы в инженерных программах динамики и прочности, производительность которых можно значительно повысить за счет распараллеливания процессов.

Архитектура параллельных вычислительных систем. Параллельные вычислительные системы с общей памятью. Вычислительные системы с распределенной памятью, кластеры. Распределенные сетевые вычислительные системы.

Обзор средств параллельного программирования на основе технологий MPI (с распределенной памятью), OpenMP (с общей памятью). Типовые схемы и модели организации параллельных вычислений в многопроцессорной/многопотоковой системе.

Примеры эффективного и неэффективного применения средств

распараллеливания в алгоритмах решения систем линейных алгебраических уравнений высокого порядка.

Тема 12. Использование OpenMP для распараллеливания алгоритмов в инженерных программах.

Разработка инженерных программ с параллельным выполнением с использованием OpenMP. Обзор директив и функций OpenMP.

Тема 13. Организация высокопроизводительных вычислений с задействованием ресурсов видеокарт.

Использование возможностей программно-аппаратной системы CUDA выполнения параллельных операций на видеопроцессорах Nvidia. Архитектура видеокарт Nvidia. Атомарные операции в CUDA. Матричные операции в CUDA.

Тема 14. Разработка модулей инженерных программ, реализующих алгоритмы автоматической генерации сеток конечных элементов.

Обзор методов автоматической генерации сеток конечных элементов на двумерных и трехмерных областях. Понятия регулярной и нерегулярной разбивки. Виды регулярных сеток. Методы автоматической генерации нерегулярных сеток.

Тема 15. Разработка модулей инженерных программ, формирующих основные матрицы различных типов конечных элементов для анализа динамики и прочности конструкций машин.

Реализация основных соотношений для стержневого конечного элемента, балочного конечного элемент, треугольного конечного элемента для решения плоской задачи теории упругости.

Реализация основных соотношений для изопараметрических конечных элементов для решения плоской и трехмерной задач теории упругости. Четырехугольный билинейный изопараметрический конечный элемент плоского напряженного состояния. Объемный восьмиузловой шестигранный изопараметрический конечный элемент для моделирования трехмерного напряженно-деформированного состояния.

Конечные элементы для расчета изгиба пластин. Комбинирование с элементами расчета плоского напряженного состояния для создания элементов оболочки общего положения. Конечные элементы тонкой осесимметричной оболочки. Учет граничных условий в задачах механики деформируемого твердого тела.

Реализация соотношений конечных элементов для решения задач теплопроводности. Учет граничных условий в задачах теплопроводности.

Тема 16. Разработка модулей инженерных программ, реализующих эффективные алгоритмы решения систем линейных алгебраических уравнений высокого порядка с симметричными разреженными матрицами.

Обзор прямых алгоритмов решения систем линейных алгебраических уравнений высокого порядка с симметричными разреженными матрицами. Реализация метода LDL^T для решения систем линейных алгебраических уравнений. Область применимости метода LDL^T. Обзор итерационных методов решения систем МКЭ. Реализация метода сопряженных градиентов. Ускорение прямых и итерационных методов за счет специальных процедур нумерации узлов

конечно-элементных моделей.

Схемы хранения разреженных матриц в МКЭ. Заполнение разреженных матриц МКЭ при решении систем уравнений прямыми методами. Методы экономии памяти и повышения скорости решения МКЭ. Обзор алгоритмов выбора оптимального порядка исключения степеней свободы при использовании прямых методов.

Тема 17. Разработка модулей инженерных программ, реализующих эффективные алгоритмы решения задачи на собственные значения (в расчетах собственных колебаний конструкций, расчетах потери устойчивости)

Обзор методов решения обобщенной проблемы на собственные значения большой размерности с разреженными симметричными матрицами. Реализация методов обратных итераций, итераций подпространства для определения частот и форм собственных колебаний конструкции, моделируемой методом конечных элементов. Реализация алгоритма Ланцоша для определения частот и форм собственных колебаний конструкции.

Тема 18. Разработка модулей инженерных программ, реализующих алгоритмы интегрирования по времени уравнений динамического равновесия конечно-элементной системы.

Обзор методов интегрирования по времени уравнений динамического равновесия конечно-элементной системы. Реализация неявных методов прямого интегрирования Ньюмарка (Newmark) и Хоуболта (Houbolt). Реализация явного метода прямого интегрирования – метода центральных разностей. Сравнение методов прямого интегрирования по критериям сходимости, устойчивости, вычислительных затрат.

Реализация интегрирования по времени динамических уравнений равновесия с использованием разложения по собственным формам колебаний.

Интегрирование по времени уравнения нестационарной теплопроводности. Явная и неявная схемы треугольника, схема интегрирования Кранка-Николсона.

Тема 19. Комплексная Разработка инженерного программного обеспечения, объединяющих в себе различные этапы анализа динамики и прочности конструкций машин - создание расчетных моделей, визуализацию, выполнение расчетов, графическое представление результатов.

Тема 20. Методы отладки инженерных программных комплексов.

Классификация ошибок инженерного программного обеспечения. Пассивное и активное обнаружение ошибок. Методы поиска и исправления ошибок. Использование инструментальных средств отладки. Средства трассировки. Использование информационных средств отладки. Анализ дампов.

Тема 21. Методы тестирования инженерных программных комплексов.

Инструменты тестирования программного обеспечения. Тестирование модулей. Тестирование внешних функций. Комплексное тестирование программного продукта. Подготовка тестов.

Тема 22. Повышение надежности инженерных программных комплексов.

Подходы к проектированию инженерного программного обеспечения, снижающие вероятность появления ошибок. Стиль программирования. Понятие о структурном программировании. Использование стандартов. Документирование. Повышение надежности на этапах разработки технических требований, технического задания, проектирования, кодирования, отладки, тестирования, сопровождения инженерного программного обеспечения.

5. Образовательные технологии

Методика преподавания дисциплины «Разработка инженерного программного обеспечения» и реализация компетентностного подхода в изложении и восприятии материала предусматривает использование следующих активных форм проведения групповых, индивидуальных, аудиторных занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся:

– подготовка к выполнению лабораторных работ в лабораториях вуза;

– подготовка, представление и обсуждение презентаций на семинарских занятиях;

– организация и проведение текущего контроля знаний студентов в форме бланкового тестирования;

– проведение мастер-классов экспертов и специалистов в области численных методов и прикладного программирования.

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

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

- подготовка к выполнению лабораторных работ и их защита.

Оценочные средства текущего контроля успеваемости включают контрольные вопросы и задания в форме бланкового и (или) компьютерного тестирования, для контроля освоения обучающимися разделов дисциплины, защита курсового проекта.

Образцы тестовых заданий, заданий курсовых проектов, контрольных вопросов и заданий для проведения текущего контроля, экзаменационных билетов, приведены в приложении 2.

6.1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю).

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

В результате освоения дисциплины (модуля) формируются следующие компетенции:

Код компетенции	В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать
ОПК-11	Способен выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения физико-математический аппарат и современные компьютерные технологии;
ОПК-14	Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения

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

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

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

ОПК-11 Способен выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения физико-математический аппарат и современные компьютерные технологии;				
Показатель	**Критерии оценивания**			
	2	**3**	**4**	**5**

знать: синтаксические конструкции, структуры данных, наборы методов и состав библиотек процедур объектно-ориентированного языка программирования.	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие знаний в области синтаксических конструкций, структур данных, наборов методов и состав библиотек процедур объектно-ориентированного языка программирования.	Обучающийся демонстрирует неполные теоретические знания синтаксических конструкций, структур данных, наборов методов и состав библиотек процедур объектно-ориентированного языка программирования. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.	Обучающийся демонстрирует частичные теоретические знания синтаксических конструкций, структур данных, наборов методов и состав библиотек процедур объектно-ориентированного языка программирования.	Обучающийся демонстрирует полные теоретические знания в области синтаксических конструкций, структур данных, наборов методов и состав библиотек процедур объектно-ориентированного языка программирования.
уметь: разрабатывать компоненты инженерных программных комплексов для исследования динамики и прочности конструкций машин с использованием современных вычислительных методов, высокопроизводительных вычислительных систем и наукоемких компьютерных технологий	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет: разрабатывать компоненты инженерных программных комплексов для исследования динамики и прочности конструкций машин с использованием современных вычислительных методов, высокопроизводительных вычислительных систем и наукоемких компьютерных технологий.	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих умений: разрабатывать компоненты инженерных программных комплексов для исследования динамики и прочности конструкций машин с использованием современных вычислительных методов, высокопроизводительных вычислительных систем и наукоемких компьютерных технологий. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность владения навыками по ряду показателей,	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих умений: разрабатывать компоненты инженерных программных комплексов для исследования динамики и прочности конструкций машин с использованием современных вычислительных методов, высокопроизводительных вычислительных систем и наукоемких компьютерных технологий. Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при переносе умений на	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений: разрабатывать компоненты инженерных программных комплексов для исследования динамики и прочности конструкций машин с использованием современных вычислительных методов, высокопроизводительных вычислительных систем и наукоемких компьютерных

		Обучающийся испытывает значительные затруднения при применении навыков в новых ситуациях.	новые, нестандартные ситуации.	технологий. Свободно оперирует приобретенными умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.
владеть: инструментами разработки инженерных программ одной из современных вычислительных сред программирования	Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет инструментами разработки прикладных программ одной из современных вычислительных сред программирования.	Обучающийся не в полной мере владеет инструментами разработки прикладных программ одной из современных вычислительных сред программирования. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность владения навыками по ряду показателей, Обучающийся испытывает значительные затруднения при применении навыков в новых ситуациях.	Обучающийся частично владеет инструментами разработки прикладных программ одной из современных вычислительных сред программирования.Навыки освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	Обучающийся в полном объеме владеет инструментами разработки прикладных программ одной из современных вычислительных сред программирования. Свободно применяет полученные навыки в ситуациях повышенной сложности.

ОПК-14 Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения.

Показатель	**Критерии оценивания**			
	2	**3**	**4**	**5**
знать: основные принципы алгоритмизации при разработке и использовании инженерных программ расчета напряженно деформированного и теплового состояний конструкций	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие знаний основных принципов алгоритмизации при разработке и использовании инженерных программ расчета напряженно деформированного и теплового состояний конструкций машин.	Обучающийся демонстрирует неполные знания основных принципов алгоритмизации при разработке и использовании инженерных программ расчета напряженно деформированного и теплового состояний конструкций машин. Допускаются	Обучающийся демонстрирует частичные знания в области основных принципов алгоритмизации при разработке и использовании инженерных программ расчета напряженно деформированного и теплового состояний конструкций машин, но допускаются	Обучающийся демонстрирует полные знания в области основных принципов алгоритмизации при разработке и использовании инженерных программ расчета напряженно

машин.		значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.	незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.	деформированного и теплового состояний конструкций машин, свободно оперирует приобретенными знаниями.
уметь: использовать современное программное обеспечение для разработки программ инженерного анализа напряженно деформированного и теплового состояний деталей и узлов машин.	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет: использовать современное программное обеспечение для разработки программ инженерного анализа напряженно деформированного и теплового состояний деталей и узлов машин.	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих умений: использовать современное программное обеспечение для разработки программ инженерного анализа напряженно деформированного и теплового состояний деталей и узлов машин. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность владения навыками по ряду показателей, Обучающийся испытывает значительные затруднения при применении навыков в новых ситуациях.	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих умений: использовать современное программное обеспечение для разработки программ инженерного анализа напряженно деформированного и теплового состояний деталей и узлов машин. Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений: использовать современное программное обеспечение для разработки программ инженерного анализа напряженно деформированного и теплового состояний деталей и узлов машин. Свободно оперирует приобретенными умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.
владеть: навыками применения системы программирования для разработки прикладных программ для расчета напряженно	Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет навыками применения системы программирования для разработки прикладных программ для расчета напряженно деформированного и теплового состояний деталей и узлов машин.	Обучающийся не в полной мере владеет навыками применения системы программирования для разработки прикладных программ для расчета напряженно деформированного и теплового состояний	Обучающийся частично владеет навыками применения системы программирования для разработки прикладных программ для расчета напряженно деформированного и теплового состояний	Обучающийся в полном объеме владеет навыками применения системы программирования для разработки прикладных программ для

деформированного и теплового состояний деталей и узлов машин.		деталей и узлов машин. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность владения навыками по ряду показателей, Обучающийся испытывает значительные затруднения при применении навыков в новых ситуациях.	деталей и узлов машин. Навыки освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	расчета напряженно деформированного и теплового состояний деталей и узлов машин. Свободно применяет полученные навыки в ситуациях повышенной сложности.

Шкалы оценивания результатов промежуточной аттестации и их описание:

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

К промежуточной аттестации допускаются только студенты, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине «Разработка инженерного программного обеспечения»: прошли промежуточный контроль, выполнили лабораторные работы.

Шкала оценивания	**Описание**
Отлично	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.

Хорошо	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Обучающийся демонстрирует частичное соответствие знаний, умений, навыков по предмету. Навыки освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при переносе умений на новые, нестандартные ситуации.
Удовлетворительно	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Обучающийся демонстрирует значительные ошибки, проявляет недостаточность знаний, умений и владения навыками по нескольким темам предмета. Обучающийся испытывает значительные затруднения при применении умений и навыков в новых ситуациях.
Неудовлетворительно	Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

Фонды оценочных средств представлены в приложении 2 к рабочей программе.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.

а) основная литература:

1. Зыков, С. В. Программирование: учебник и практикум для вузов / С. В. Зыков. — Москва: Издательство Юрайт, 2020. — 320 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-02444-9.
URL: https://urait.ru/bcode/450832

б) дополнительная литература:

2. Огнева, М. В. Программирование на языке С++: практический курс : учебное пособие для вузов / М. В. Огнева, Е. В. Кудрина. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 335 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-05123-0.
URL: https://urait.ru/bcode/515142

3. Казанский, А. А. Программирование на Visual C# : учебное пособие для вузов / А. А. Казанский. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 192 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-12338-8.
URL: https://urait.ru/bcode/451467

в) Электронный образовательный ресурс:

Курс «Разработка инженерного программного обеспечения» https://online.mospolytech.ru/course/view.php?id=9684

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины.

- Специализированная учебная лаборатория кафедры «Динамика, прочность машин и сопротивление материалов» Ауд. Н-212, оснащенная компьютерами с установленным необходимым программным обеспечением;
- Проекторы, экраны для демонстрации обучающих материалов, презентаций, учебных фильмов.

9. Методические рекомендации для самостоятельной работы студентов

9.1 Методические указания по выполнению и оформлению расчетных работ по дисциплине «Разработка инженерного программного обеспечения»

9.1.1 Требования к оформлению расчетной работы

1. Расчетная работа должна быть оформлена в виде на листах формата А4 со следующими полями:
   - Левое - 25 мм.
   - Верхнее - 15 мм.
   - Правое - 15 мм.
   - Нижнее - 15 мм.
2. Расчетная работа должна иметь титульный лист. Пример оформления титульного листа показан в приложении.
3. Расчетная работа должна содержать следующие разделы:
   - Содержание.
   - Введение.
   - Основная часть.
   - Заключение.
   - Список использованной литературы.
   - Приложения (не являются обязательной частью отчета).

4. Страницы отчета должны быть пронумерованы. Нумерация начинается со второй страницы. На титульном листе номер странице не проставляется.
5. В основной части находятся все пронумерованные главы, параграфы и подпараграфы.

Нумерация параграфов и подпараграфов производятся следующим образом:

- Первая цифра обозначает номер главы.
- Вторая цифра - порядковый номер параграфа.
- Третья цифра - порядковый номер подпараграфа.

Например, параграф 2 и подпараграф 5 параграфа 2 главы 3:

- **III Описание расчетной схемы**
- **3.2 Граничные условия**
- **3.2.5 Граничные условия по перемещениям**

Нумерация рисунков производится следующим образом:

- Первая цифра обозначает номер главы.
- Вторая цифра - порядковый номер рисунка в главе.

Например, рисунок в главе 3, имеющий порядковый номер 11:

- Рис. 3.11. Диалоговое окно ввода исходных данных

Точка в конце названия главы, параграфа, подпараграфа и рисунка не ставится.

Название главы пишется заглавными полужирными буквами. Названия параграфов и подпараграфов пишутся строчными полужирными буквами, за исключением первой буквы, заглавной. Подпараграфы могут быть выделены курсивом.

6. Нумерация использованной литературы производится либо в алфавитном порядке, либо по мере ссылок на нее в тексте курсовой работы.

Примеры оформления литературы.

Книги:

7. Бидерман В.Л. – Теория механических колебаний. – М.: Высш. школа, 1980. – 408 с.
8. Bathe K.J. – Finite Element Procedures. Prentice Hall, 1996. - 1037 p.

Журналы:

- Борисов Ю.С., Благовещенский Ю.Н., Дмитриченко С.С., Панкратов Н.М. Анализ применимости уравнений и исследование формы кривой усталости // Заводская лаборатория. Диагностика материалов, №10, 2000. С. 41-52.
- Bator J.L., Bathe K.J., Ho L.W. A study of three-node triangular plate bending elements // Int. J. Numer. Meth. Engng, v.15, 1980. P. 1771 – 1812.

9.1.2 Требования к содержанию разделов расчетной работы

1. В **содержании** должны быть представлены названия всех глав, параграфов и подпараграфов с указанием номеров начальных страниц.

2. Во **введении** обосновывается актуальность и ставится цель работы, перечисляются решаемые задачи и дается краткое содержание всех глав. Для курсового проекта, содержащего конкретные задачи, дается постановка задач.
   Теоретическая работа может носить описательный или методический характер.

3. В **основной части** подробно описывается последовательность решения задачи.
   Примерный план основной части

   - Постановка задачи. Сведения об объекте исследования и области машиностроения.
   - Теоретические основы решения задачи, используемые алгоритмы.
   - Описание программного обеспечения
   - Исходные данные, описание расчетной схемы.
   - Характеристики модели МКЭ. Количество элементов, узлов, степеней свободы.
   - Описание типов конечных элементов.
   - Информация об условиях закрепления и нагружения.
   - Последовательность формирования модели средствами программы МКЭ, особенности подготовки модели.
   - Информация о процессе решения задачи.
   - Сведения о компьютере, характеристиках программы МКЭ (название, версия, возможности), необходимых вычислительных ресурсах, времени решения.
   - Анализ результатов расчетов.

4. В **заключении** дается краткая оценка и основные выводы выполненной работы.

5. В **приложение** выносится информационный материал, не требующий детального рассмотрения в основной части (например, таблицы, графики, рисунки, листинги программ и т.п.)

9.1.3 Требования к выполнению расчетной работы

1. Расчетная работа должна быть оформлена согласно требованиям указанным выше.
2. Содержание расчетной работы должно соответствовать перечисленным выше требованиям.
3. Расчетная работа должна быть сдана за две недели до окончания семестра.

Приложение 1.

Структура и содержание дисциплины
«Разработка инженерного программного обеспечения»
по направлению подготовки по направлению подготовки 15.03.03 «Прикладная механика»,
профиль «Программные и цифровые технологии в динамике и прочности»

n/n	Раздел	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов, и трудоемкость в часах					Виды самостоятельной работы студентов					Формы аттестации	
				Л	П/С	Лаб	СРС	КСР	К.Р.	К.П.	РГР	Реферат	К/р	Э	З
	Семестр 3-4														
1.1	***Тема 1. Введение***	4	1			2	2								
1.2	***Тема 2. Краткий обзор предшествующих материалов, на которых основан данный курс.***	4	2-3			4	4								
1.3	***Тема 3. Возможности создания реалистических изображений в инженерных программных комплексах с помощью библиотеки OpenGL.***	4	4-5			4	4								
1.4	***Тема 4. Разработка простой графической инженерной программы, реализующей функции библиотеки OpenGL. Управление цветом. Векторные примитивы.***	4	6-7			4	4								
1.5	***Тема 5. Создание средствами OpenGL сложных геометрических объектов.***	4	8-9			4	4								
1.6	***Тема 6. Работа с растровыми объектами. Формирование, буферизация, вывод битовых объектов средствами OpenGL.***	4	10-11			4	4								

1.7	***Тема 7. Проецирование пространственных объектов на плоскость***	4	12-13			4	4								
1.8	***Тема 8. Работа с текстурами в OpenGL***	4	14-15			4	4								
1.9	***Тема 9. Управление цветовыми свойствами объекта. Освещение сцены в OpenGL***	4	16-17			4	4								
1.10	***Тема 10. Создание реалистических изображений в инженерных программах с комплексным использованием возможностей OpenGL***	4	18			2	2								
	Форма аттестации														**З**
	Всего часов по дисциплине Во семестре 4			-	-	36	36								

n/n	**Раздел**	**Семестр**	**Неделя семестра**	**Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов, и трудоемкость в часах**					**Виды самостоятельной работы студентов**					**Формы аттестации**	
				Л	**П/С**	**Лаб**	**СРС**	**КСР**	**К.Р.**	**К.П.**	**РГР**	**Реферат**	**К/р**	**Э**	**З**
	Семестр 5														
2.1	***Тема 11. Основы организации параллельного выполнения алгоритмов***	**5**	1-2		2	2	4								
2.2	***Тема 12. Использование OpenMP для распараллеливания алгоритмов в инженерных программах***	**5**	3-4		2	2	6								
2.3	***Тема 13. Организация высокопроизводительных вычислений с задействованием ресурсов видеокарт.***	**5**	5-6		2	2	6								
2.4	***Тема 14. Разработка модулей***	**5**	7-8		2	2	4								

	инженерных программ, реализующих алгоритмы автоматической генерации сеток конечных элементов.														
2.5	***Тема 15. Разработка модулей инженерных программ, формирующих основные матрицы различных типов конечных элементов для анализа динамики и прочности конструкций машин.***	**5**	9-10		2	2	4								
2.6	***Тема 16. Разработка модулей инженерных программ, реализующих эффективные алгоритмы решения систем линейных алгебраических уравнений высокого порядка с симметричными разреженными матрицами.***	**5**	11-12		2	2	4								
2.7	***Тема 17. Разработка модулей инженерных программ, реализующих эффективные алгоритмы решения задачи на собственные значения (в расчетах собственных колебаний конструкций, расчетах потери устойчивости)***	**5**	13-14		2	2	4								
2.8	***Тема 18. Разработка модулей инженерных программ, реализующих алгоритмы интегрирования по времени уравнений динамического равновесия конечно-элементной системы.***	**5**	15-18		3	3	6								
	Форма аттестации														**З**
	Всего часов по дисциплине Во семестре 5	**5**		-	17	17	38								

n/n	Раздел	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов, и трудоемкость в часах					Виды самостоятельной работы студентов					Формы аттестации	
				Л	П/С	Лаб	СРС	КСР	К.Р.	К.П.	РГР	Реферат	К/р	Э	З
	Семестр 6														
3.1	***Тема 19. Комплексная Разработка инженерного программного обеспечения, объединяющих в себе различные этапы анализа динамики и прочности конструкций машин - создание расчетных моделей, визуализацию, выполнение расчетов, графическое представление результатов.***	**6**	1-12		30		30								
3.2	***Тема 20. Методы отладки инженерных программных комплексов.***	**6**	13-14		2		2								
3.3	***Тема 21. Методы тестирования инженерных программных комплексов.***	**6**	15-16		2		2								
3.4	***Тема 22. Повышение надежности инженерных программных комплексов.***	**6**	17-18		2		2								
	Форма аттестации													**Э**	
	Всего часов по дисциплине Во семестре 6			-	36	-	36								
	Всего часов по дисциплине во всех семестрах			-	53	53	110								

Приложение 2 к
рабочей программе

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Направление подготовки:
15.03.03 «Прикладная механика»
(уровень бакалавриата)
Профиль «Программные и цифровые технологии в динамике и прочности»
Форма обучения: очная

Кафедра: ***Динамика, прочность машин и сопротивление материалов***

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

ПО ДИСЦИПЛИНЕ
«Разработка инженерного программного обеспечения»

Состав: 1. Паспорт фонда оценочных средств

2. Описание оценочных средств:

Составитель:

Русанов О.А.

Москва, 2026 год

Приложение 3
к рабочей программе

Перечень оценочных средств по дисциплине
«Разработка инженерного программного обеспечения»

№ ОС	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в ФОС
1	Деловая и/или ролевая игра (ДИ)	Совместная деятельность группы обучающихся и педагогического работника под управлением педагогического работника с целью решения учебных и профессионально - ориентированных задач путем игрового моделирования реальной проблемной ситуации. Позволяет оценивать умение анализировать и решать типичные профессиональные задачи.	Тема (проблема), концепция, роли и ожидаемый результат по каждой игре
2	Кейс-задача (К-З)	Проблемное задание, в котором обучающемуся предлагают осмыслить реальную профессионально-ориентированную ситуацию, необходимую для решения данной проблемы.	Задания для решения кейс-задачи
3	Коллоквиум (К)	Средство контроля усвоения учебного материала темы, раздела или разделов дисциплины, организованное как учебное занятие в виде собеседования педагогического работника с обучающимися.	Вопросы по темам/разделам дисциплины
4	Контрольная работа (К/Р)	Средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу	Комплект контрольных заданий по вариантам
5	Круглый стол, дискуссия, полемика, диспут, дебаты	Оценочные средства, позволяющие включить обучающихся в процесс обсуждения спорного вопроса, проблемы и оценить их умение аргументировать собственную точку зрения.	Перечень дискуссионных тем для проведения круглого стола, дискуссии, полемики, диспута, дебатов

6	Проект (П)	Конечный продукт, получаемый в результате планирования и выполнения комплекса учебных и исследовательских заданий. Позволяет оценить умения обучающихся самостоятельно конструировать свои знания в процессе решения практических задач и проблем, ориентироваться в информационном пространстве и уровень сформированности аналитических, исследовательских навыков, навыков практического и творческого мышления. Может выполняться в индивидуальном порядке или группой обучающихся.	Темы групповых и/или индивидуальных проектов
7	Рабочая тетрадь (РТ)	Дидактический комплекс, предназначенный для самостоятельной работы обучающегося и позволяющий оценивать уровень усвоения им учебного материала.	Образец рабочей тетради
8	Разноуровневые задачи и задания (РЗЗ)	Различают задачи и задания: а) репродуктивного уровня, позволяющие оценивать и диагностировать знание фактического материала (базовые понятия, алгоритмы, факты) и умение правильно использовать специальные термины и понятия, узнавание объектов изучения в рамках определенного раздела дисциплины; б) реконструктивного уровня, позволяющие оценивать и диагностировать умения синтезировать, анализировать, обобщать фактический и теоретический материал с формулированием конкретных выводов, установлением причинно-следственных связей; в) творческого уровня, позволяющие оценивать и диагностировать умения, интегрировать знания различных областей, аргументировать собственную точку зрения.	Комплект разноуровневых задач и заданий
9	Расчетно-графическая работа (РГР)	Средство проверки умений применять полученные знания по заранее определенной методике для решения задач или заданий по модулю или дисциплине в целом.	Комплект заданий для выполнения расчетно-графической работы

10	Реферат (Р)	Продукт самостоятельной работы студента, представляющий собой краткое изложение в письменном виде полученных результатов теоретического анализа определенной научной (учебно-исследовательской) темы, где автор раскрывает суть исследуемой проблемы, приводит различные точки зрения, а также собственные взгляды на нее.	Темы рефератов
11	Доклад, сообщение (ДС)	Продукт самостоятельной работы студента, представляющий собой публичное выступление по представлению полученных результатов решения определенной учебно-практической, учебно-исследовательской или научной темы	Темы докладов, сообщений
12	Устный опрос собеседование, (УО)	Средство контроля, организованное как специальная беседа педагогического работника с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.	Вопросы по темам/разделам дисциплины
13	Творческое задание (ТЗ)	Частично регламентированное задание, имеющее нестандартное решение и позволяющее диагностировать умения, интегрировать знания различных областей, аргументировать собственную точку зрения. Может выполняться в индивидуальном порядке или группой обучающихся.	Темы групповых и/или индивидуальных творческих заданий
14	Тест (Т)	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.	Фонд тестовых заданий
15	Тренажер (Тр)	Техническое средство, которое может быть использовано для контроля приобретенных студентом профессиональных навыков и умений по управлению конкретным материальным объектом.	Комплект заданий для работы на тренажере
16	Эссе	Средство, позволяющее оценить умение обучающегося письменно излагать суть поставленной проблемы, самостоятельно проводить анализ этой проблемы с использованием концепций и аналитического инструментария соответствующей дисциплины, делать выводы, обобщающие авторскую позицию по поставленной проблеме.	Тематика эссе