Минобрнауки России

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра машиноведения

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

ДИСЦИПЛИНЫ

«М.1.В.ОД.1 Компьютерное моделирование и расчет конструкций»

Уровень высшего образования

МАГИСТРАТУРА

Направление подготовки
15.04.01 Машиностроение
(код и наименование направления подготовки)

Прикладная механика и компьютерный инжиниринг
(наименование направленности (профиля) образовательной программы)

Тип образовательной программы
Программа академической магистратуры

Квалификация
Магистр

Форма обучения
Очная

Год набора 2018

Рабочая программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры

Кафедра машиноведения
наименование кафедры

протокол № 10 от "14" 02 2018 г.

Заведующий кафедрой
Кафедра машиноведения — подпись — Е.В. Пояркова
наименование кафедры *подпись* *расшифровка подписи*

Исполнители:
Доцент — подпись — О.А. Фролова
должность *подпись* *расшифровка подписи*

должность *подпись* *расшифровка подписи*

СОГЛАСОВАНО:
Председатель методической комиссии по направлению подготовки
15.04.01 Машиностроение — Е.В. Пояркова
код наименование *личная подпись* *расшифровка подписи*

Научный руководитель магистерской программы — Ю.А. Чирков
личная подпись *расшифровка подписи*

Заведующий отделом комплектования научной библиотеки
личная подпись — Н.Н. Грицай
расшифровка подписи

Уполномоченный по качеству от АКИ
личная подпись — А.М. Черноусова
расшифровка подписи

№ регистрации _____

© Фролова О.А., 2018
© ОГУ, 2018

1 Цели и задачи освоения дисциплины

Цель освоения дисциплины: подготовка магистра к деятельности, требующей фундаментальных, профессиональных знаний и умений при решении при решении инженерных и научных задач с использованием современных компьютерных технологий при моделировании и расчете конструкций.

Задачи:

- изучение состава и функциональных возможностей пакетов прикладных программ, необходимых при решении инженерных и научных задач, связанных с теорией расчета и моделированием конструкций;
- познакомить обучающихся с современными вычислительными программами, реализующих метод конечных элементов, по определению параметров деформирования конструкций (напряжений, деформаций, перемещений, частот и форм колебаний, форм потери устойчивости);
- применение метода конечных элементов к решению различных инженерных задач;
- приобретение навыков по сравнительному анализу конечно-элементных моделей расчетных схем с использованием программных комплексов;
- приобретение практических навыков, необходимых при проведении работ по оформлению документации с использованием программных комплексов;
- приобретение навыков автоматизированного расчета и анализа различных вариантов работы конструкций при изменении жесткостей участков, узловых и опорных условий.

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к обязательным дисциплинам (модулям) вариативной части блока 1 «Дисциплины (модули)»

Пререквизиты дисциплины: *М.1.Б.5 Технология обработки на станках с числовым программным управлением*

Постреквизиты дисциплины: *М.1.В.ОД.6 Надежность механических систем, М.1.В.ДВ.3.2 Техническая диагностика и контроль качества, М.1.В.ДВ.4.1 Динамика механических систем, М.1.В.ДВ.4.2 Теория упругости и пластичности, М.2.В.У.1 Практика по получению первичных профессиональных умений и навыков, М.2.В.П.2 Практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности, М.2.В.П.3 Преддипломная практика*

3 Требования к результатам обучения по дисциплине

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих результатов обучения

Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций	Формируемые компетенции
Знать: - особенности метода конечных элементов. **Уметь:** - применять знания в области механики при моделировании конструкций. **Владеть:** - навыками по сравнительному анализу конечно-элементных моделей расчетных схем с использованием программных комплексов.	ОК-5 способностью получать и обрабатывать информацию из различных источников с использованием современных информационных технологий, применять прикладные программные средства при решении практических вопросов с использованием

Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций	Формируемые компетенции
	персональных компьютеров с применением программных средств общего и специального назначения, в том числе в режиме удаленного доступа
Знать: - типы конечных элементов (стержневые, плоские и пространственные) геометрического моделирования конструкций **Уметь:** - анализировать результаты прочностного расчета и расчета на устойчивость. **Владеть:** - практическими навыками, необходимыми при проведении работ по оформлению документации с использованием программных комплексов.	ОПК-2 способностью применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы
Знать: - особенности взаимодействия разных типов конечных элементов при их сборке. **Уметь:** - разрабатывать физические и математические модели исследуемых элементов машин, приводов, систем, процессов, явлений и объектов. **Владеть:** - навыками автоматизированного расчета и анализа различных вариантов работы конструкций при изменении жесткостей участков, узловых и опорных условий.	ОПК-12 способностью подготавливать научно-технические отчеты, обзоры, публикации по результатам выполненных исследований в области машиностроения
Знать: - теорию аналитических и численных методов решения задач в области машиностроения при расчете пластинчатых и оболочечных элементов конструкций. **Уметь:** - применять знания аналитических и численных методов расчета при разработке математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов в машиностроении. **Владеть:** - навыками расчета стержневых, пластинчатых и оболочечных элементов конструкций.	ОПК-14 способностью выбирать аналитические и численные методы при разработке математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов в машиностроении
Знать: - основные принципы расчета систем с помощью конечно элементных моделей. **Уметь:** - выбирать необходимую для решения технической задачи расчетную схему, позволяющую получить наиболее полную информацию, используя алгоритм расчета, доступный для имеющихся в наличии средств вычислительной техники. **Владеть:** - навыками расчета конструкций в современных программных комплексах.	ПК-9 способностью разрабатывать физические и математические модели исследуемых машин, приводов, систем, процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере, разрабатывать методики и организовывать проведение экспериментов с анализом их результатов
Знать: - существующие программные продукты по расчету и моделированию конструкций. **Уметь:** - применять основные программные комплексы в области приклад-	ПК-10 способностью и готовностью использовать современные психолого-педагогические теории и методы в профессиональной

Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций	Формируемые компетенции
ной механики для расчета и проектирования конструкций. **Владеть:** - навыками расчета конструкций с учетом упругого основания.	деятельности
Знать: - предпосылки выбора расчетной схемы конструкции; **Уметь:** - использовать современные вычислительные методы, высокопроизводительные вычислительные системы и наукоемкие компьютерные технологии при различных постановках задач расчета и проектирования конструкций. **Владеть:** - навыками расчета конструкций с учетом температурных воздействий.	ПК*-1 быть готовым выполнять расчетно-экспериментальные работы в области прикладной механики с использованием современных вычислительных методов, высокопроизводительных вычислительных систем и наукоемких компьютерных технологий, широко распространенных в промышленности систем мирового уровня, и экспериментального оборудования для проведения механических испытаний

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц (144 академических часов).

Вид работы	Трудоемкость, академических часов	
	3 семестр	всего
Общая трудоёмкость	**144**	**144**
Контактная работа:	**47,5**	**47,5**
Лекции (Л)	12	12
Лабораторные работы (ЛР)	34	34
Индивидуальная работа и инновационные формы учебных занятий	1	1
Промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	0,5	0,5
Самостоятельная работа: *- выполнение курсовой работы (КР);* *- самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий;* *- подготовка к лабораторным занятиям;* *- подготовка к рубежному контролю)*	**96,5** +	**96,5**
Вид итогового контроля (зачет, экзамен, дифференцированный зачет)	**зачет**	

Разделы дисциплины, изучаемые в 3 семестре

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1	Основные понятия и задачи курса	20	2		-	18
2	Математические модели напряженно-деформированного состояния (НДС)	22	2		-	20
3	Моделирование конструкций	38	4		14	20
4	Анализ результатов расчета	22	2		-	20
5	Прикладные задачи	42	2		20	20
	Итого:	144	12		34	98
	Всего:	144	12		34	98

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1 Основные понятия и задачи курса

Общие положения и сведения о современных программных комплексах, используемых при решении инженерных задач. Вычислительные возможности, принципы построения, сложившаяся общепринятая структура наиболее известных программных комплексов. Пакеты прикладных программ, используемые при расчете конструкций. Входной и выходной интерфейсы, методы расчета. Препроцессоры расчетных программ для прочностного расчета. Назначение, характеристики, постпроцессор, эксплуатация и сопровождение. Возможности, ограничения, главное меню, управление.

Раздел 2 Математические модели напряженно-деформированного состояния (НДС)

Расчетные схемы конструкций и параметры НДС в произвольной точке. Исходные положения метода конечных элементов (МКЭ). Конечные элементы для линейных задач. Конечные элементы стержней, балок-стенок, тонких плит, оболочек. Специальные конечные элементы. Суперэлементное моделирование. Свойства элементов (по количеству, форме и нумерации) оказывающих влияние на точность решения задачи методом конечных элементов для стержневых систем.

Раздел 3 Моделирование конструкций

Объекты расчета при моделировании стержневых, пластинчатых и оболочечных систем. Вычислительные модели в компьютерном проектировании. Расчетная схема. Классификация расчетных схем. Основные условия формирования расчетных схем на различных стадиях расчета. Признак схемы – степени свободы для различных расчетных схем. Моделирование краевых условий. Моделирование нагрузок.

Глобальная, местная и локальная системы координат. Абсолютно жесткие вставки. Шарниры в стержневых элементах. Задание связей. Задание жесткости. Особенности задания статических и динамических нагрузок.

Расчетные сочетания усилий (РСУ) для стержней, плит и оболочек. Методика расчета сочетаний нагрузок (РСН).

Задача статического и динамического расчетов. Виды статического и динамического воздействия. Устойчивость системы. Формы потери устойчивости.

Раздел 4 Анализ результатов расчета

Результаты статического и динамического расчетов: эпюры усилий, изополя напряжений и перемещений, мозаика напряжений и перемещений, анимация колебаний, формы потери устойчивости, частота колебаний, расчетные РСУ, суммарные усилия, коэффициент запаса устойчивости. Главные напряжения. Эквивалентные напряжения. Сведение результатов расчета в таблицы. Работа с

документатором. Выдача на принтер текстовых и графических данных, которые связаны с моделью и результатами расчета.

Раздел 5 Прикладные задачи

Моделирование и расчет плоских и пространственных стержневых конструкций. Подбор и проверка сечений. Моделирование и расчет пластинчатых и оболочечных элементов конструкций. Подбор и проверка сечений. Расчет конструкций на упругом основании. Расчет конструкций с учетом температурного воздействия.

4.3 Лабораторные работы

№ ЛР	№ раздела	Наименование лабораторных работ	Кол-во часов
1	3	Создание геометрии расчетной модели конструкции.	6
2		Задание и назначение связей, жесткости параметров конструирования расчетной модели конструкции.	4
3		Задание и назначение статических и динамических нагрузок расчетной модели конструкции.	4
4	5	Моделирование и расчет плоских стержневых конструкций с учетом статического и динамического воздействий.	4
5		Моделирование и расчет пространственной стержневой конструкции с учетом статического и динамического воздействий.	4
6		Моделирование и расчет пластинчатых элементов конструкций.	4
7		Моделирование и расчет оболочечных элементов конструкций.	4
8		Моделирование и расчет пространственной конструкции на упругом основании.	2
9		Моделирование и расчет конструкций с учетом температурного воздействия.	2
		Всего:	34

4.4 Курсовая работа (3 семестр)

Наряду с освоением теоретического материала большое значение имеет выполнение самостоятельных индивидуальных заданий, а именно, курсовой работы, что способствует закреплению учебного материала и развитию навыков в самостоятельном решении инженерных задач различного уровня.

Целью курсовой работы является приобретение практических навыков по моделированию и расчету стержневых, пластинчатых и оболочечных элементов конструкций при различных силовых воздействиях, а также навыков в работе с технической литературой, справочниками и стандартами.

Темы курсовой работы выбираются из рекомендуемого списка, а также могут выбираться студентами самостоятельно в зависимости от тематики выполняемой магистерской диссертации.

Примерная тематика курсовой работы:

1 Анализ напряженно-деформированного состояния элементов технологической оснастки с помощью компьютерного моделирования и расчета.

2 Компьютерное моделирование и расчет стержневых элементов пространственных конструкций.

3 Оценка напряженно-деформированного состояния штока экскаватора с помощью компьютерного моделирования.

4 Компьютерное моделирование элементов конструкций методом конечных элементов.

5 Компьютерное моделирование и расчет элементов дифференциальных механизмов.

6 Компьютерное моделирование и расчет элементов приводов разрывных машин.

7 Компьютерное моделирование и расчет трубопровода, транспортирующего нефтегазовые среды.

8 Анализ результатов компьютерного моделирования элементов машиностроительных конструкций в различных программных комплексах.

9 Компьютерное моделирование и расчет пластинчатых элементов конструкций.

10 Компьютерное моделирование свободных изгибных колебаний тонкостенных стержней.

11 Компьютерное моделирование и расчет элементов машиностроительных конструкций с учетом температурного воздействия.

12 Оценка напряженно-деформированного состояния оболочечных элементов конструкций с помощью компьютерного моделирования.

5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

5.1 Основная литература

5.1.1 Бате, К.Ю. Методы конечных элементов = Finite Element Procedures / К.-Ю. Бате; пер. с англ. В. П. Шидловского; под ред. Л. И. Турчака . - М. : Физматлит, 2010. - 1022 с. - Парал. тит. л. англ. - Библиогр.: с. 1001-1013. - Предм. указ.: с. 1014-1022. - ISBN 978-5-9221-1181-2.

5.1.2 Бахвалов, Н. С. Численные методы : учеб. пособие / Н. С. Бахвалов, Н. П. Жидков, Г. М. Кобельков .– 4-е изд. – М. : Бином. Лаборатория знаний, 2006. – 636 с. : ил.. - (Классический университетский учебник). – Библиогр. : с. 624–628. – Предм. указ. : с. 629-632. –ISBN 5-94774-396-5.

5.1.3 Фролова, О.А. Расчет плоских стержневых конструкций: учебное пособие [Электронный ресурс] / О.А. Фролова, Е.В. Пояркова; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2018. – 120 с. – ISBN 978-5-7410-2199-6. – Режим доступа: http://artlib.osu.ru/web/books/metod_all/86032_20181210.pdf.

5.2 Дополнительная литература

5.2.1 Применение метода конечных элементов к расчету конструкций. Учебное пособие / Хечумов Р.А. [и др.]. – М.: АСВ, 1994. – 353 с.

5.2.2 Перельмутер, А.В. Расчетные модели сооружений и возможность их анализа [Электронный ресурс] / А.В. Перельмутер, В. И. Сливкер. – ДМК Пресс, 2009. – Режим доступа: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=85061.

5.2.3 Фролова, О.А. Расчет плоской рамы в программном комплексе ЛИРА: учебное пособие [Электронный ресурс] / О.А. Фролова; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2018. – 105 с. – ISBN 978-5-7410-2200-9. – Режим доступа: http://artlib.osu.ru/web/books/metod_all/86031_20181210.pdf.

5.2.4 Фролова, О.А. Расчет пространственной металлоконструкции в программном комплексе ЛИРА: учебное пособие [Электронный ресурс] / О.А. Фролова; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2019. – 148 с. – Режим доступа: http://artlib.osu.ru/web/books/metod_all/93193_20190405.pdf.

5.2.5 Фролова, О.А. Расчет металлической рамы в программном комплексе ЛИРА: учебное пособие [Электронный ресурс] / О.А. Фролова; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2019. – 101 с. – Режим доступа: http://artlib.osu.ru/web/books/metod_all/92647_20190322.pdf.

5.3 Периодические издания

5.3.1 Вестник машиностроения : журнал. – М. : Агентство "Роспечать", 2018.

5.3.2 Приборы и техника эксперимента : журнал. – М. : Академиздатцентр "Наука" РАН, 2018.

5.3.3 Справочник. Инженерный журнал : журнал. – М. : Агентство "Роспечать", 2018.

5.3.4 Вестник компьютерных и информационных технологий : журнал. - М. : Агентство "Роспечать", 2018.

5.3.5 Информационные технологии : журнал. - М. : Агентство "Роспечать", 2018.

5.4 Интернет-ресурсы

5.4.1 http://sopromat.org/ − сайт с программным обеспечением для расчета балок, плоских ферм, геометрических характеристик плоских сечений.

5.4.2 http://window.edu.ru/ − информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам».

5.4.3 www.vuz.exponenta.ru – сайт с имеющимися наборами задач по различным разделам курса механики материалов, множеством полезных компьютерных программ и анимационных иллюстраций.

5.4.4 http://www.cadfem-cis.ru/ − образовательный портал о системах инженерного анализа.

5.4.5 https://www.lektorium.tv/mooc – «Лекториум», МООК: «Инженерное дело».

5.4.6 https://openedu.ru/course/msu/PARPROG/ – «Открытое образование» МООК: «Суперкомпьютеры и параллельная обработка данных».

5.5 Программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы современных информационных технологий

5.5.1 Операционная система Microsoft Windows.

5.5.2 Open Office/Libre Office - свободный офисный пакет программ, включающий в себя текстовый и табличный редакторы, редактор презентаций и другие офисные приложения.

5.5.3 Интегрированная система решения математических, инженерно-технических и научных задач PTC MathCAD 14.0.

5.5.4 Автоматизированная интерактивная система сетевого тестирования - АИССТ (зарегистрирована в РОСПАТЕНТ, Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2011610456, правообладатель – Оренбургский государственный университет), режим доступа - http://aist.osu.ru.

5.5.5 Многофункциональная система анализа и расчета строительных и машиностроительных конструкций различного назначения Лира 10.2 Full для ВУЗов / Разработчик ЗАО "Бюро САПР", контракт № 0353100011714000195-0031222-02 от 08.12.2014.

5.5.6 Система автоматизированного расчета и проектирования механического оборудования и конструкций в области машиностроения и строительства АРМ WinMachine 2010. Сетевая версия. / Разработчик ООО Научно-технический центр "АПМ", Гос. контракт № 281/52 от 12.12.2011.

5.5.7 Система автоматизированного расчета и проектирования АРМ Civil Engineering 12 в комплектации Steel-Concerete-Wood, контракт № 106/44-93.5/52 от 08.12.2014.

5.5.8 Универсальный конечно-элементный программный комплекс,предназначенный для решения задач прочностного анализа и тепла (за исключением функций расчетагидрогазодинамики и электромагнетизмаANSYS Academic Teaching Mechanical), контракт 105/44-93.1.5/52 от 04.12.2014.

5.5.9 ГАРАНТ Платформа F1 [Электронный ресурс]: справочно-правовая система. / Разработчик ООО НПП «ГАРАНТ-Сервис», 119992, Москва, Воробьевы горы, МГУ, [1990–2018]. – Режим доступа в сети ОГУ для установки системы: \\fileserver1\GarantClient\garant.exe.

5.5.10 Консультант Плюс [Электронный ресурс]: электронное периодическое издание справочная правовая система. / Разработчик ЗАО «Консультант Плюс», [1992–2018]. – Режим доступа к системе в сети ОГУ для установки системы: \\fileserver1\!CONSULT\cons.exe.

5.5.11 SCOPUS [Электронный ресурс] : реферативная база данных / компания Elsevier. – Режим доступа: https://www.scopus.com/, в локальной сети ОГУ.

5.5.12 WebofScience [Электронный ресурс]: реферативная база данных / компания ClarivateAnalytics. – Режим доступа :http://apps.webofknowledge.com/, в локальной сети ОГУ.

6 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для проведения лекционных занятий используется аудитория, оснащенная демонстрационным оборудованием (переносным проектором, переносным экраном, ноутбуком), комплектом специализированной мебели, доской аудиторной, плакатами.

Для проведения лабораторных занятий используется аудитория, оснащенная: демонстрационным оборудованием (переносным проектором, переносным экраном, ноутбуком), комплектом специализированной ученической мебели, доской аудиторной, компьютерами с выходом в ИНТЕРНЕТ и электронную информационно-образовательную среду ОГУ, оснащенные пакетами прикладных программных комплексов, используемых при освоении дисциплины.

Аудитории для курсового проектирования, проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой, подключенной к сети "Интернет", и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ОГУ.

К рабочей программе прилагаются:

- Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине;
- Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины

«М.1.В.ОД.1 Компьютерное моделирование и расчет конструкций»

Направление подготовки: *15.04.01 Машиностроение*
код и наименование

Профиль: *Прикладная механика и компьютерный инжиниринг*

Форма обучения: *очная*
(очная, очно-заочная, заочная)

Год набора 2018

Дополнения и изменения к рабочей программе на 2019/ 2020 учебный год рассмотрены и утверждены на заседании кафедры

Кафедра механики материалов, конструкций и машин
наименование кафедры

протокол № 17 от "31" 05 2019 г.

Заведующий кафедрой
Кафедра механики материалов, конструкций и машин _____ Е.В. Пояркова
наименование кафедры *подпись* *расшифровка подписи*

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий отделом комплектования научной библиотеки
_____ Н.Н. Грицай
личная подпись *расшифровка подписи*

Уполномоченный по качеству от Аэрокосмического института
_____ А.М. Черноусова _____
личная подпись *расшифровка подписи* *дата*

В рабочую программу вносятся следующие дополнения и изменения:

Раздел 5 изложить в следующей редакции:

5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

5.1 Основная литература

5.1.1 Бате, К.Ю. Методы конечных элементов = Finite Element Procedures / К.-Ю. Бате; пер. с англ. В. П. Шидловского; под ред. Л. И. Турчака . - М. : Физматлит, 2010. - 1022 с. - Парал. тит. л. англ. - Библиогр.: с. 1001-1013. - Предм. указ.: с. 1014-1022. - ISBN 978-5-9221-1181-2.

5.1.2 Бахвалов, Н. С. Численные методы : учеб. пособие / Н. С. Бахвалов, Н. П. Жидков, Г. М. Кобельков .– 4-е изд. – М. : Бином. Лаборатория знаний, 2006. – 636 с. : ил.. - (Классический университетский учебник). – Библиогр. : с. 624–628. – Предм. указ. : с. 629-632. –ISBN 5-94774-396-5.

5.1.3 Фролова, О.А. Расчет плоских стержневых конструкций: учебное пособие [Электронный ресурс] / О.А. Фролова, Е.В. Пояркова; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2018. – 120 с. – ISBN 978-5-7410-2199-6. – Режим доступа: http://artlib.osu.ru/web/books/metod_all/86032_20181210.pdf.

5.2 Дополнительная литература

5.2.1 Применение метода конечных элементов к расчету конструкций. Учебное пособие / Хечумов Р.А. [и др.]. – М.: АСВ, 1994. – 353 с.

5.2.2 Перельмутер, А.В. Расчетные модели сооружений и возможность их анализа [Электронный ресурс] / А.В. Перельмутер, В. И. Сливкер. – ДМК Пресс, 2009. – Режим доступа: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=85061.

5.2.3 Фролова, О.А. Расчет плоской рамы в программном комплексе ЛИРА: учебное пособие [Электронный ресурс] / О.А. Фролова; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2018. – 105 с. – ISBN 978-5-7410-2200-9. – Режим доступа: http://artlib.osu.ru/web/books/metod_all/86031_20181210.pdf.

5.2.4 Фролова, О.А. Расчет пространственной металлоконструкции в программном комплексе ЛИРА: учебное пособие [Электронный ресурс] / О.А. Фролова; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2019. – 148 с. – Режим доступа: http://artlib.osu.ru/web/books/metod_all/93193_20190405.pdf.

5.2.5 Фролова, О.А. Расчет металлической рамы в программном комплексе ЛИРА: учебное пособие [Электронный ресурс] / О.А. Фролова; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2019. – 101 с. – Режим доступа: http://artlib.osu.ru/web/books/metod_all/92647_20190322.pdf.

5.3 Периодические издания

5.3.1 Вестник машиностроения : журнал. – М. : Агентство "Роспечать", 2018.

5.3.2 Приборы и техника эксперимента : журнал. – М. : Академиздатцентр "Наука" РАН, 2018.

5.3.3 Справочник. Инженерный журнал : журнал. – М. : Агентство "Роспечать", 2018.

5.3.4 Вестник компьютерных и информационных технологий : журнал. - М. : Агентство "Роспечать", 2018.

5.3.5 Информационные технологии : журнал. - М. : Агентство "Роспечать", 2018.

5.3.6 Вестник машиностроения : журнал. – М. : Агентство "Роспечать", 2018.

5.3.7 Приборы и техника эксперимента : журнал. – М. : Академиздатцентр "Наука" РАН, 2018.

5.3.8 Справочник. Инженерный журнал : журнал. – М. : Агентство "Роспечать", 2018.

5.3.9 Вестник компьютерных и информационных технологий : журнал. - М. : Агентство "Роспечать", 2018.

5.3.10 Информационные технологии : журнал. - М. : Агентство "Роспечать", 2018.

5.4 Интернет-ресурсы

5.4.1 http://sopromat.org/ − сайт с программным обеспечением для расчета балок, плоских ферм, геометрических характеристик плоских сечений.

5.4.2 http://window.edu.ru/ − информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам».

5.4.3 www.vuz.exponenta.ru – сайт с имеющимися наборами задач по различным разделам курса механики материалов, множеством полезных компьютерных программ и анимационных иллюстраций.

5.4.4 http://www.cadfem-cis.ru/ − образовательный портал о системах инженерного анализа.

5.4.5 https://www.lektorium.tv/mooc – «Лекториум», МООК: «Инженерное дело».

5.4.6 https://openedu.ru/course/msu/PARPROG/ – «Открытое образование» МООК: «Суперкомпьютеры и параллельная обработка данных».

5.5 Программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы современных информационных технологий

5.5.1 Операционная система Microsoft Windows.

5.5.2 Open Office/Libre Office - свободный офисный пакет программ, включающий в себя текстовый и табличный редакторы, редактор презентаций и другие офисные приложения.

5.5.3 Интегрированная система решения математических, инженерно-технических и научных задач PTC MathCAD 14.0.

5.5.4 Автоматизированная интерактивная система сетевого тестирования - АИССТ (зарегистрирована в РОСПАТЕНТ, Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2011610456, правообладатель – Оренбургский государственный университет), режим доступа - http://aist.osu.ru.

5.5.5 Многофункциональная система анализа и расчета строительных и машиностроительных конструкций различного назначения Лира 10.2 Full для ВУЗов / Разработчик ЗАО "Бюро САПР", контракт № 03531000117140001950031222-02 от 08.12.2014.

5.5.6 Система автоматизированного расчета и проектирования механического оборудования и конструкций в области машиностроения и строительства АРМ WinMachine 2010. Сетевая версия. / Разработчик ООО Научно-технический центр "АПМ", Гос. контракт № 281/52 от 12.12.2011.

5.5.7 Система автоматизированного расчета и проектирования АРМ Civil Engineering 12 в комплектации Steel-Concerete-Wood, контракт № 106/44-93.5/52 от 08.12.2014.

5.5.8 Универсальный конечно-элементный программный комплекс,предназначенный для решения задач прочностного анализа и тепла (за исключением функций расчетагидрогазодинамики и электромагнетизмаANSYS Academic Teaching Mechanical), контракт 105/44-93.1.5/52 от 04.12.2014.

5.5.9 ГАРАНТ Платформа F1 [Электронный ресурс]: справочно-правовая система. / Разработчик ООО НПП «ГАРАНТ-Сервис», 119992, Москва, Воробьевы горы, МГУ, [1990–2019]. – Режим доступа в сети ОГУ для установки системы: \\fileserver1\GarantClient\garant.exe.

5.5.10 Консультант Плюс [Электронный ресурс]: электронное периодическое издание справочная правовая система. / Разработчик ЗАО «Консультант Плюс», [1992–2019]. – Режим доступа к системе в сети ОГУ для установки системы: \\fileserver1\!CONSULT\cons.exe.

5.5.11 SCOPUS [Электронный ресурс] : реферативная база данных / компания Elsevier. – Режим доступа: https://www.scopus.com/, в локальной сети ОГУ.

5.5.12 WebofScience [Электронный ресурс]: реферативная база данных / компания ClarivateAnalytics. – Режим доступа :http://apps.webofknowledge.com/, в локальной сети ОГУ.