

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет**

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по образовательной  
деятельности

 А.Б. Петроченков

« 07 » мая 20 24 г.

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Дисциплина:** Динамика и устойчивость композитных конструкций  
(наименование)

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

**Уровень высшего образования:** бакалавриат  
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

**Общая трудоёмкость:** 144 (4)  
(часы (ЗЕ))

**Направление подготовки:** 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов  
(код и наименование направления)

**Направленность:** Проектирование, производство и эксплуатация беспилотных летательных аппаратов из композиционных материалов  
(наименование образовательной программы)

# 1. Общие положения

## 1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель учебной дисциплины – приобретение знаний, умений и овладение навыками в области теории упругости анизотропного тела; теории изгиба ортотропных пластин; устойчивости и колебаний композитных систем; математической физики и вариационного исчисления, тензорного анализа и теории вероятностей, аналитических и численных методов решения задач механики конструкций, связанных с исследованием свободных и вынужденных колебаний, анализом переходных динамических процессов и неустойчивым равновесием стержневых и тонкостенных элементов конструкций из композитов, а также пространственных анизотропных и неоднородных тел, иррационального проектирования изделий из композиционных материалов с учетом деформационных и прочностных характеристик материалов; использование прикладных цифровых инструментов (системы проектирования, моделирования, математических вычислений); предъявление требований к организации самостоятельной работы (совместная работа, кросс-рецензирование, использование систем планирования); предъявление требований к оформлению результатов работы (цифровая визуализация, работа с инструментами командного редактирования); получение электронных сертификатов, как одно из требований допуска к экзамену; навыки работы с цифровыми библиотечными средами и виртуальными платформами (поиск открытых данных).

Задачи учебной дисциплины:

- формирование знаний о критериях прочности слоисто-волоконистых композитов и элементов композитных конструкций; основных типах и характеристик современных компонентов композиционных материалов и способов их сочетания, тенденциях и направлениях развития композиционных материалов и композитных конструкций; возможности применения композитов в различных областях машиностроения и нахождения новых конструкторско-технологических решений, позволяющих повышать эффективность композиционных материалов в изделиях; основах микро- и макромеханики деформирования и разрушения композитов; теории и методах строительной механики композитных конструкций; о понятиях функционала, вариации, условий экстремума функционала; математических методов описания различных физических явлений; методов математического моделирования механических процессов; приложений к задачам механики неоднородных сред и динамики конструкций;
- формирование умения проводить оптимизационные расчеты реальных конструкций из композиционных материалов; построения и использования математических моделей для описания и прогнозирования различных явлений, осуществлять их качественный и количественный анализ; применять методы решения задач на определение оптимальных соотношений параметров различных систем, методы расчета на прочность элементов конструкций машин и аппаратов из композитов и проектирования их соединений, методы исследований и испытаний композиционных материалов и конструкций из них; применять методы тензорного анализа, дифференциальные уравнения и уравнения математической физики, вариационного исчисления для решения краевых задач механики конструкций, связанные с исследованием свободных и вынужденных колебаний, анализом переходных динамических процессов и неустойчивым равновесием стержневых и тонкостенных элементов конструкций из композитов;
- формирование навыков решения прикладных задач оптимизации волоконистых композитов с учетом деформационных и прочностных характеристик материала; ведения проектной деятельности в профессиональной сфере на основе системного подхода; постановки целей и формулирования задач, связанных с реализацией профессиональных функций, умеет использовать для их решения методы изученных им наук; исполнения схем, графиков, чертежей, диаграмм, номограмм и других профессионально значимых изображений; работы со специальной литературой и с другими информационными данными (в том числе на иностранном языке) для решения профессиональных задач; работы с технологической документацией, технической литературой, научно-техническими отчетами, справочниками и другими информационными источниками; постановки и овладение методами решения краевых задач в частных производных;

исследования, аналитического и численного решения задач динамики и устойчивости композиционных материалов; использования основных приемов статистической обработки экспериментальных данных.

## 1.2. Изучаемые объекты дисциплины

- дифференциальные уравнения в частных производных;
- функционалы и тензорные функции.
- тонкостенные и стержневые элементы конструкций из композитов;
- анизотропные тела.

## 1.3. Входные требования

Не предусмотрены

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

| Компетенция | Индекс индикатора | Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть) | Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения | Средства оценки |
|-------------|-------------------|---|--|-----------------|
|-------------|-------------------|---|--|-----------------|

| Компетенция | Индекс индикатора | Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)   | Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения   | Средства оценки          |
|-------------|-------------------|---|--|--------------------------|
| ПК-1.3      | ИД-1ПК-1.3        | <p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- возможности современных информационно-коммуникационных технологий;</li> <li>- информационно-поисковые системы и базы данных;</li> <li>– основные типы и характеристики современных компонентов композиционных материалов;</li> <li>- закономерности структурообразования, фазовые превращения в материалах, влияние структурных характеристик на свойства материалов;</li> <li>– методы научного поиска и условия формирования научного знания;</li> <li>– методы и способы системной организации и анализа результатов научно-исследовательских работ;</li> <li>методы математического программирования, с целью постановки задач оптимизации конструкций из композитов.</li> </ul> | <p>Знает методы проведения экспериментов и наблюдений, обобщения и обработки информации; методы анализа и обобщения отечественного и международного опыта в соответствующей области исследования</p> | Дифференцированный зачет |
| ПК-1.3      | ИД-2ПК-1.3        | <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- проводить испытания материалов и их диагностику;</li> <li>- проводить прогнозную оценку свойств веществ (материалов), физических и химических процессов в них;</li> <li>- проводить поиск научно-технической информации;</li> <li>использовать стандарты</li> </ul>  | <p>Умеет оформлять результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ; применять методы анализа научной технической информации; применять методы проведения экспериментов</p>        | Индивидуальное задание   |
|             |                   |   |  |                          |

| Компетенция | Индекс индикатора | Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)  | Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения  | Средства оценки    |
|-------------|-------------------|--|---|--------------------|
| ПК-1.3      | ИД-ЗПК-1.3        | <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– навыками получения необходимой научно- технической информации по тематике исследования;</li> <li>– навыками выбора и использования методов обработки экспериментальных данных и оценки результатов экспериментов;</li> <li>- методами стандартизации и сертификации материалов и процессов;</li> <li>- методами компьютерной графики; техникой машинного перевода текстов, электронными словарями и текстовыми редакторами;</li> <li>– навыками использования методов структурного анализа и определения физических и физико-механических свойств материалов;</li> <li>- системными знаниями в области испытаний и диагностики материалов.</li> </ul> | <p>Владеет навыками сбора, обработки, анализа и обобщения передового отечественного и международного опыта в соответствующей области исследований; сбора обработки, анализа и обобщения результатов экспериментов и исследований в соответствующей области знаний; проведения экспериментов в соответствии с установленными полномочиями; проведения наблюдений и измерений, составление их описаний и формулировка выводов</p> | Контрольная работа |

### 3. Объем и виды учебной работы

| Вид учебной работы   | Всего часов | Распределение по семестрам в часах |  |
|--|-------------|------------------------------------|--|
|  |             | Номер семестра                     |  |
|  |             | 7                                  |  |
| 1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме: | 72          | 72                                 |  |
| 1.1. Контактная аудиторная работа, из них:   |             |                                    |  |
| - лекции (Л)   | 36          | 36                                 |  |
| - лабораторные работы (ЛР)   |             |                                    |  |
| - практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)        | 34          | 34                                 |  |
| - контроль самостоятельной работы (КСР)  | 2           | 2                                  |  |
| - контрольная работа   |             |                                    |  |
| 1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)  | 72          | 72                                 |  |
| 2. Промежуточная аттестация  |             |                                    |  |
| Экзамен  |             |                                    |  |
| Дифференцированный зачет   | 9           | 9                                  |  |
| Зачет  |             |                                    |  |
| Курсовой проект (КП)   |             |                                    |  |
| Курсовая работа (КР)   |             |                                    |  |
| Общая трудоемкость дисциплины  | 144         | 144                                |  |

### 4. Содержание дисциплины

| Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием  | Объем аудиторных занятий по видам в часах |    |    | Объем внеаудиторных занятий по видам в часах |
|---|---|----|----|--|
|   | Л   | ЛР | ПЗ | СРС  |
| 7-й семестр   |   |    |    |  |
| Колебания композиционных конструкций  | 8   | 0  | 10 | 18   |
| Тема 1. Динамические воздействия на конструкцию. Детерминированные нестационарные нагрузки. Случайные нестационарные нагрузки.<br>Тема 2. Основные соотношения динамики конструкций. Вариационный принцип Гамильтона. Принцип Даламбера в задачах динамики.<br>Тема 3. Продольные колебания стержней. Крутильные колебания стержней. Изгибные колебания стержней. Колебания криволинейных стержней. Изгибные колебания пластин. Динамическое поведение оболочек. Свободные колебания упругих систем.<br>Тема 4. Методы определения собственных частот и собственных форм упругих систем. Аналитическое (точное) решение. Итерационный метод. Метод Релея. Прямые методы. Численные методы, используемые при анализе собственных колебаний упругих систем МКЭ. |   |    |    |  |

| Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием   | Объем аудиторных занятий по видам в часах |    |    | Объем внеаудиторных занятий по видам в часах |
|--|---|----|----|--|
|  | Л   | ЛР | ПЗ | СРС  |
| Демпфирование колебаний  | 6   | 0  | 0  | 12   |
| Тема 5. Количественные меры диссипации. Коэффициенты диссипации и внутреннего трения. Логарифмический декремент колебаний.<br>Тема 6. Методы решения нестационарных задач механики с учетом демпфирования. Установившиеся колебания. Анализ неустановившихся процессов в диссипативных системах. Оценка диссипативных характеристик композитных материалов.  |   |    |    |  |
| Стохастические краевые задачи динамики конструкций. Распространение волн в неоднородных средах   | 6   | 0  | 8  | 12   |
| Тема 7. Получение решения в моментных функциях (Метод моментных функций). Использование функций Грина при построении решения статистической задачи динамики в моментных функциях. Метод спектрального разложения. Разложение по собственным формам. Численные методы решения статистических задач динамики.<br>Тема 8. Волны в эквивалентной гомогенной среде. Прохождение волн в слоистых средах. Отражение волн на границах раздела.   |   |    |    |  |
| Устойчивость композитных конструкций   | 8   | 0  | 8  | 12   |
| Тема 9. Основные понятия теории упругой устойчивости. Энергетические критерии устойчивости. Энергетический критерий бифуркационной потери устойчивости. Энергетический критерий упругой устойчивости в форме Брайана. Энергетический критерий устойчивости форме Тимошенко.<br>Тема 10. Устойчивость стержней. Устойчивость анизотропных пластин. Устойчивость анизотропных оболочек.<br>Тема 11. Нелинейные задачи теории устойчивости. |   |    |    |  |
| Теория упругости анизотропного тела, статическая, кинематическая и физическая стороны задачи   | 4   | 0  | 0  | 8  |
| Тема 12. Предмет и задачи курса. Обзор литературы. Основные понятия и гипотезы теории изгиба анизотропных пластин. Перемещения и деформации тонкой пластины.<br>Тема 13. Теория анизотропных оболочек, основные определения, описание геометрии оболочек, квадратичные формы и кривизны поверхности.   |   |    |    |  |
| Виды расчетных схем, композитные фермы и балки   | 4   | 0  | 8  | 10   |
| Тема 14. Основные соотношения теории анизотропных оболочек. Геометрические соотношения теории оболочек: модель Тимошенко,  |   |    |    |  |

| Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием   | Объем аудиторных занятий по видам в часах |    |    | Объем внеаудиторных занятий по видам в часах |
|--|---|----|----|--|
|  | Л   | ЛР | ПЗ | СРС  |
| <p>модель Кирхгофа-Лява.</p> <p>Тема 15. Напряжения в анизотропной пластине, понятие изгибной жесткости пластины и определение моментов. Уравнение прогиба тонкой анизотропной пластины.</p> <p>Тема 16. Условия на контуре пластины, типичные краевые условия. Изгиб анизотропной пластины по модели Тимошенко.</p> <p>Тема 17. Уточненная теория изгиба анизотропных пластин (теория Амбарцумяна). Расчет пластин с ребрами жесткости. Пластина на упругом основании. Уравнение движения пластины.</p> |   |    |    |  |
| ИТОГО по 7-му семестру   | 36  | 0  | 34 | 72   |
| ИТОГО по дисциплине  | 36  | 0  | 34 | 72   |

### Тематика примерных практических занятий

| № п.п. | Наименование темы практического (семинарского) занятия   |
|--------|--|
| 1      | Определение свободных продольных и крутильных колебаний стержней (с использованием T-flex CAD, Wolfram Mathematica CAM)  |
| 2      | Определение свободных изгибных колебаний стержней (с использованием T-flex CAD, Wolfram Mathematica CAM)   |
| 3      | Анализ поведения одномассовой системы при действии гармонической нагрузки (с использованием T-flex CAD, Wolfram Mathematica CAM)   |
| 4      | Определение свободных продольных колебаний стержней (с использованием T-flex CAD, Wolfram Mathematica CAM)   |
| 5      | Вывод уравнения движения одномассовой системы, анализ частоты собственных колебаний одномассовых систем (с использованием T-flex CAD, Wolfram Mathematica CAM)                               |
| 6      | Вывод уравнения движения двухмассовой системы, анализ частот собственных колебаний двухмассовой системы (с использованием T-flex CAD, Wolfram Mathematica CAM)                               |
| 7      | Оценка переходных процессов одномассовой системы (с использованием T-flex CAD, Wolfram Mathematica CAM)  |
| 8      | Оценка низшей собственной частоты колебаний изгиба стержней по формуле Релея (с использованием T-flex CAD, Wolfram Mathematica CAM)  |
| 9      | Определение собственных форм и частот прямоугольной ортотропной пластины. Краевые условия в форме Навье. Краевые условия в форме Леви  |
| 10     | Определение собственных форм и частот прямоугольной ортотропной пластины. Краевые условия в форме Навье. Краевые условия в форме Леви (с использованием T-flex CAD, Wolfram Mathematica CAM) |
| 11     | Определение собственных форм и частот цилиндрической анизотропной оболочки (с использованием T-flex CAD, Wolfram Mathematica CAM)  |
| 12     | Расчет на устойчивость прямолинейных стержней (с использованием T-flex CAD, Wolfram Mathematica CAM)   |
| 13     | Расчет на устойчивость анизотропных пластин. Краевые условия в форме Навье (с использованием T-flex CAD, Wolfram Mathematica CAM)  |



| № п.п. | Наименование темы практического (семинарского) занятия  |
|--------|---|
| 14     | Расчет на устойчивость анизотропных пластин. Краевые условия в форме Леви (с использованием T-flex CAD, Wolfram Mathematica CAM)  |
| 15     | Расчет на устойчивость цилиндрических оболочек (с использованием T-flex CAD, Wolfram Mathematica CAM)   |
| 16     | Расчет прямоугольной анизотропной свободноопертой пластины (метод Навье) на изгиб. Построение функции прогиба при нагружении равномерно распределенной и сосредоточенной нагрузками. Определение наибольших значений прогибов и изгибающих моментов в пластине (с использованием T-flex CAD, Wolfram Mathematica CAM) |
| 17     | Расчет прямоугольной анизотропной пластины (метод Леви) на изгиб. Построение функции прогиба при реализации различных условий на контуре пластины. Определение наибольших значений прогибов и изгибающих моментов в пластине (с использованием T-flex CAD, Wolfram Mathematica CAM)                                   |

## 5. Организационно-педагогические условия

### 5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при котором учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установление связей с ранее освоенным материалом.

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области, формируются группы. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем и принятия решений; отработка у обучающихся навыков командной работы, межличностных коммуникаций и развитие лидерских качеств; закрепление основ теоретических знаний.

Проведение лабораторных занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором обучающиеся взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность учащихся в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности обучающихся на достижение целей занятия.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.

### 5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям, лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

## 6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

### 6.1. Печатная учебно-методическая литература

| № п/п                                 | Библиографическое описание<br>(автор, заглавие, вид издания, место, издательство,<br>год издания, количество страниц)  | Количество<br>экземпляров в<br>библиотеке |
|---------------------------------------|--|---|
| <b>1. Основная литература</b>         |  |   |
| 1                                     | Аттетков А.В., Зарубин В.С., Канатников А.Н. Введение в методы оптимизации : учебное пособие. Москва : Финансы и статистика : ИНФРА-М, 2008. 269 с.                  | 15  |
| 2                                     | Дарков А. В., Шапошников Н. Н. Строительная механика : учебник для вузов. 12-е изд., стер. Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2014. 655 с. 41,00 усл. печ. л.           | 6   |
| 3                                     | Корнеенко В.П. Методы оптимизации : учебник. Москва : Высшая школа, 2007. 663 с.   | 14  |
| 4                                     | Старцева Л. В., Архипов В. Г., Семенов А. А. Строительная механика в примерах и задачах : учебное пособие. Москва : АСВ, 2014. 221 с. 14,0 усл. печ. л.              | 11  |
| 5                                     | Чекалкин А. А., Котов А.Г., Котов А. Г. Динамика и устойчивость композитных конструкций : учебное пособие. Пермь : ПГТУ, 2006. 65 с.                                 | 68  |
| 6                                     | Чекалкин А. А., Палкин Д. Д. Строительная механика, динамика и устойчивость композитных конструкций : учебное пособие. Пермь : ПНИПУ, 2021. 229 с. 14,5 усл. печ. л. | 5   |
| <b>2. Дополнительная литература</b>   |  |   |
| <b>2.1. Учебные и научные издания</b> |  |   |
| 1                                     | Алфутов Н. А. Основы расчета на устойчивость упругих систем. 2-е изд., перераб. и доп. Москва : Машиностроение, 1991. 334 с.   | 11  |
| 2                                     | Аттетков А. В., Галкин С. В., Зарубин В. С. Методы оптимизации : учебник для вузов. Москва : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2001. 439 с. 27,5 усл. печ. л.                  | 70  |
| 3                                     | Аттетков А. В., Галкин С. В., Зарубин В. С. Методы оптимизации : учебник для вузов. 2-е изд., стер. Москва : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2003. 439 с.                    | 18  |
| 4                                     | Колмогоров Г. Л., Мельникова Т. Е. Вариационные методы в теории пластин и оболочек : учебное пособие для вузов. Пермь : ПНИПУ, 2012. 40 с. 2,75 усл. печ. л.         | 10  |
| 5                                     | Композиционные материалы : справочник / Васильев В. В., Протасов В. Д., Болотин В. В., Алфутов Н. А. Москва : Машиностроение, 1990. 510 с.                           | 48  |
| 6                                     | Лесин В. В., Лисовец Ю. П. Основы методов оптимизации : учебное пособие для вузов. 3-е изд., испр. Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2011. 341 с. 22,00 усл. печ. л.   | 17  |
| 7                                     | Пантелеев А. В. Вариационное исчисление в примерах и задачах : учебное пособие для вузов. Москва : МАИ им. С. Орджоникидзе, 2000. 227 с.                             | 8   |
| 8                                     | Полимерные композиционные материалы. Прочность и технология / Баженов С. Л., Берлин А. А., Кульков А. А., Ошмян В. Г. Долгопрудный : Интеллект, 2010. 347 с.         | 25  |

|   |   |    |
|---|---|----|
| 9   | Романко В. К. Курс дифференциальных уравнений и вариационного исчисления : учебное пособие для вузов. Москва Санкт-Петербург : Лаборатория Базовых Знаний : Физматлит : Невский Диалект, 2000. 342 с. | 32 |
| 10  | Эльсгольц Л.Э. Дифференциальные уравнения и вариационное исчисление : учебник для вузов. 5-е изд. Москва : УРСС, 2002. 319 с.   | 69 |
| <b>2.2. Периодические издания</b>   |   |    |
| 1   | Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова : журнал. Магнитогорск : МГТУ, 2003- .   |    |
| 2   | Вестник ПНИПУ. Машиностроение, материаловедение : журнал. Пермь : ПНИПУ, 2012 - .   |    |
| 3   | Известия высших учебных заведений. Порошковая металлургия и функциональные покрытия : журнал. Москва : Калвис, 2007 - .   |    |
| 4   | Фотоника : научно-технический журнал. Москва : Техносфера, 2007 - .   |    |
| <b>2.3. Нормативно-технические издания</b>                                |   |    |
|   | Не используется   |    |
| <b>3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины</b>      |   |    |
|   | Не используется   |    |
| <b>4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента</b> |   |    |
|   | Не используется   |    |

## 6.2. Электронная учебно-методическая литература

| Вид литературы            | Наименование разработки  | Ссылка на информационный ресурс   | Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ) |
|---------------------------|--|---|---|
| Дополнительная литература | ГОСТ 7.32-2017 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления                       | <a href="https://internet-law.ru/gosts/gost/65555/">https://internet-law.ru/gosts/gost/65555/</a> | сеть Интернет; свободный доступ   |
| Дополнительная литература | ГОСТ Р 56465-2015 Системы космические. Материалы неметаллические на основе керамоматричных и углерод-углеродных композиционных материалов. Классификация. Номенклатура показателей | <a href="https://internet-law.ru/gosts/gost/60132/">https://internet-law.ru/gosts/gost/60132/</a> | сеть Интернет; свободный доступ   |

| Вид литературы   | Наименование разработки   | Ссылка на информационный ресурс   | Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ) |
|--|---|---|---|
| Дополнительная литература                                  | ГОСТ Р 56466-2015 Системы космические. Методы испытаний материалов. Метод определения температурного коэффициента линейного расширения композиционных материалов при высоких температурах   | <a href="https://internet-law.ru/gosts/gost/60133/">https://internet-law.ru/gosts/gost/60133/</a> | сеть Интернет; свободный доступ   |
| Дополнительная литература                                  | ГОСТ Р 56467-2015 Системы космические. Материалы порошковые металлические и металлические композиционные. Классификация. Номенклатура показателей   | <a href="https://internet-law.ru/gosts/gost/60134/">https://internet-law.ru/gosts/gost/60134/</a> | сеть Интернет; свободный доступ   |
| Дополнительная литература                                  | ГОСТ Р 59310-2021 Системы космические. Пенокомпаунды. Общие технические условия   | <a href="https://internet-law.ru/gosts/gost/75436/">https://internet-law.ru/gosts/gost/75436/</a> | сеть Интернет; свободный доступ   |
| Дополнительная литература                                  | Чекалкин А. А., Паньков А. А. Лекции по механике конструкций из композиционных материалов : учебное пособие. Пермь : Изд-во ПГТУ, 1999. 150 с.  | <a href="https://elib.pstu.ru/docview/2610">https://elib.pstu.ru/docview/2610</a>                 | локальная сеть; свободный доступ  |
| Методические указания для студентов по освоению дисциплины | Сулейманов Р. Н., Соколкин Ю.В., Чекалкин А.А. Методические указания по освоению дисциплины «Математические основы механики материалов» для студентов бакалавриата по направлению 22.03.01, Пермь : Издательство ПНИПУ, 2017. 10 с. | <a href="https://elib.pstu.ru/docview/3775">https://elib.pstu.ru/docview/3775</a>                 | локальная сеть; свободный доступ  |
| Методические указания для студентов по освоению дисциплины | Сулейманов Р. Н., Соколкин Ю.В., Чекалкин А.А. Методические указания по освоению дисциплины «Рациональное проектирование композитов» для студентов бакалавриата по направлению 22.03.01, Пермь : Издательство ПНИПУ, 2017. 9 с.     | <a href="https://elib.pstu.ru/docview/3780">https://elib.pstu.ru/docview/3780</a>                 | локальная сеть; свободный доступ  |

| Вид литературы   | Наименование разработки  | Ссылка на информационный ресурс   | Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ) |
|--|--|---|---|
| Методические указания для студентов по освоению дисциплины       | Сулейманов Р. Н., Чекалкин А.А. Методические указания по освоению дисциплины «Строительная механика композитных конструкций» для студентов бакалавриата по направлению 22.03.01, Пермь : Издательство ПНИПУ, 2017. 12 с.                         | <a href="https://elib.pstu.ru/docview/3807">https://elib.pstu.ru/docview/3807</a>                               | локальная сеть; свободный доступ  |
| Основная литература  | Макарова Е.Ю., Соколкин Ю.В., Чекалкин А.А. Методические указания по проведению научно-исследовательской работы для студентов бакалавриата по направлению 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов». Пермь : Изд-во ПНИПУ, 2017. 40 с. | <a href="https://elib.pstu.ru/docview/3808">https://elib.pstu.ru/docview/3808</a>                               | локальная сеть; свободный доступ  |
| Основная литература  | Чекалкин А. А., Палкин Д. Д. Строительная механика, динамика и устойчивость композитных конструкций : учебное пособие. Пермь : Изд-во ПНИПУ, 2021. 229 с.  | <a href="https://elib.pstu.ru/docview/5368">https://elib.pstu.ru/docview/5368</a>                               | локальная сеть; свободный доступ  |
| Основная литература  | Шапошников Н. Н. Строительная механика : учебник / Шапошников Н. Н., Кристалинский Р. Х., Дарков А. В. - Санкт-Петербург: Лань, 2018.  | <a href="http://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-105987">http://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-105987</a> | локальная сеть; авторизованный доступ   |
| Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов | Макарова Е.Ю., Соколкин Ю.В., Чекалкин А.А. Методические указания по проведению научно-исследовательской работы для студентов бакалавриата по направлению 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов». Пермь : Изд-во ПНИПУ, 2017. 40 с. | <a href="https://elib.pstu.ru/docview/3808">https://elib.pstu.ru/docview/3808</a>                               | локальная сеть; свободный доступ  |

| Вид литературы   | Наименование разработки  | Ссылка на информационный ресурс   | Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ) |
|--|--|---|---|
| Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов | Сулейманов Р. Н., Чекалкин А.А. Методические указания по освоению дисциплины «Специальные разделы математики» для студентов бакалавриата по направлению 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов». Пермь : Издательство ПНИПУ, 2017. 10 с. | <a href="https://elib.pstu.ru/docview/3806">https://elib.pstu.ru/docview/3806</a>                                   | локальная сеть; свободный доступ  |
| Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов | Технология и проектирование углерод-углеродных композитов и конструкций / Соколкин Ю.В., Воинов А.М., Ташкинов А.А., Постных А.М., Чекалкин А.А. М. : Наука : Физматлит, 1996. 239 с.  | <a href="https://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPNRPUelib7348">https://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPNRPUelib7348</a> | локальная сеть; свободный доступ  |

### 6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

| Вид ПО  | Наименование ПО  |
|---|--|
| Операционные системы  | Windows 10 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)              |
| Офисные приложения.   | Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567            |
| Прикладное программное обеспечение общего назначения  | Dr.Web Enterprise Security Suite, 3000 лиц, ПНИПУ ОЦНИТ 2017 |
| Прикладное программное обеспечение общего назначения  | MATHCAD 14 Academic, ПНИПУ 2009 г.                           |
| Прикладное программное обеспечение общего назначения  | Mathematica Professional Version (лиц. L3263-7820*)          |
| Системы управления проектами, исследованиями, разработкой, проектированием, моделированием и внедрением | ANSYS (лиц. 444632 ЦВВС)                                     |
| Системы управления проектами, исследованиями, разработкой, проектированием, моделированием и внедрением | ANSYS (лиц. 1062978 )  |

### 6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

| Наименование                              | Ссылка на информационный ресурс                                   |
|---|---|
| База данных Elsevier "Freedom Collection" | <a href="https://www.elsevier.com/">https://www.elsevier.com/</a> |

| Наименование   | Ссылка на информационный ресурс  |
|--|--|
| База данных Springer Nature e-books  | <a href="http://link.springer.com/">http://link.springer.com/</a><br><a href="http://jwww.springerprotocols.com/">http://jwww.springerprotocols.com/</a><br><a href="http://materials.springer.com/">http://materials.springer.com/</a><br><a href="http://zbmath.org/">http://zbmath.org/</a> <a href="http://npg.com/">http://npg.com/</a> |
| База данных компании Springer Customer Service Center GmbH   | <a href="http://link.springer.com/">http://link.springer.com/</a><br><a href="http://www.springerprotocols.com/">http://www.springerprotocols.com/</a><br><a href="http://materials.springer.com/">http://materials.springer.com/</a><br><a href="http://zbmath.org/">http://zbmath.org/</a> <a href="http://npg.com/">http://npg.com/</a>   |
| База данных научной электронной библиотеки (eLIBRARY.RU)   | <a href="https://elibrary.ru/">https://elibrary.ru/</a>  |
| Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета  | <a href="https://elib.pstu.ru/">https://elib.pstu.ru/</a>  |
| Электронно-библиотечная система Лань   | <a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>  |
| Электронно-библиотечная система IPRsmart   | <a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>  |
| Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс  | локальная сеть   |
| Информационно-справочная система нормативно-технической документации "Техэксперт: нормы, правила, стандарты и законодательства России" | <a href="http://325290.inkip.ru/docs">http://325290.inkip.ru/docs</a>  |

## 7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

| Вид занятий          | Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения | Количество единиц |
|----------------------|---|-------------------|
| Лекция               | Маркерная доска   | 1                 |
| Лекция               | ноутбук   | 1                 |
| Лекция               | проектор  | 1                 |
| Практическое занятие | Компьютеры  | 15                |

## 8. Фонд оценочных средств дисциплины

|                              |
|------------------------------|
| Описан в отдельном документе |
|------------------------------|