

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
(НИ ТГУ)

Физико-технический факультет



Рабочая программа дисциплины

**Расчеты на прочность в биомеханике**

по направлению подготовки

**15.04.03 Прикладная механика**

Направленность (профиль) подготовки :

**Механика биокomпозитов, получение и моделирование их структуры и свойств**

Форма обучения

**Очная**

Квалификация

**Магистр**

Год приема

**2022**


Код дисциплины в учебном плане: Б1.В.ДВ.02.01

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОПОП

 Е.С. Марченко

Председатель УМК

 В.А. Скрипняк

Томск – 2022

## 1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

– ПК-1 – Способен критически анализировать современные проблемы прикладной механики с учетом потребностей промышленности, современных достижений науки и мировых тенденций развития техники и технологий, ставить задачи и разрабатывать программу исследования, выбирать адекватные способы и методы решения теоретических, прикладных и экспериментальных задач, анализировать, интерпретировать, представлять и применять полученные результаты;

– ПК-2 – Способен самостоятельно выполнять научные исследования в области прикладной механики, решать сложные научно-технические задачи, которые для своего изучения требуют разработки и применения математических и компьютерных моделей, применения программных систем мультидисциплинарного анализа (CAE-систем мирового уровня);

– ПК-4 – Способен применять физико-математический аппарат, теоретические, расчетные и экспериментальные методы исследований, методы математического и компьютерного моделирования в процессе профессиональной деятельности.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИПК 1.1 Знать перспективные направления и последние достижения современной науки и техники в области производства объемных материалов, соединений, композитов на их основе и изделий из них.

ИПК 1.2 Знать: современные проблемы прикладной механики, методы планирования научно-исследовательской работы, способы решения научных задач механики, обработки и анализа полученных данных, представления результатов.

ИПК 1.3 Уметь осуществлять сбор, анализ и систематизацию информации по проблеме исследования с учетом потребностей промышленности, современных достижений науки и мировых тенденций развития техники и технологий.

ИПК 1.4 Уметь ставить задачи и разрабатывать программу исследования, выбирать адекватные способы и методы решения теоретических, прикладных и экспериментальных задач.

ИПК 1.5 Уметь анализировать, интерпретировать, оценивать, представлять результаты собственных исследований в профессиональном сообществе и защищать результаты выполненного исследования с обоснованными выводами и рекомендациями.

ИПК 2.1 Знать: математические и компьютерные модели, программные системы мультидисциплинарного анализа (CAE-системы мирового уровня), используемые для решения поставленных научно-технических задач.

ИПК 2.2 Уметь самостоятельно выполнять научные исследования в области прикладной механики, решать сложные научно-технические задачи, которые для своего изучения требуют разработки и применения математических и компьютерных моделей, применения программных систем мультидисциплинарного анализа (CAE-систем мирового уровня)

ИПК 2.3 Владеть навыками самостоятельного выполнения научных исследований в области прикладной механики, решения сложных научно-технических задач.

ИПК 4.1 Знать физико-математический аппарат, теоретические, расчетные и экспериментальные методы исследований, методы математического и компьютерного моделирования, применяемые в процессе профессиональной деятельности.

ИПК 4.2 Уметь применять физико-математический аппарат, теоретические, расчетные и экспериментальные методы исследований, методы математического и компьютерного моделирования в процессе профессиональной деятельности.

ИПК 4.3 Владеть навыками применения физико-математического аппарата, теоретических, расчетных и экспериментальных методов исследования, методов

математического и компьютерного моделирования в процессе профессиональной деятельности.

## **2. Задачи освоения дисциплины**

–Познакомить с аналитическими методами расчетов запасов прочности биоконструкций, наступления предельного состояния, при котором происходит разрушение биоматериалов и биоконструкций;

– Научить самостоятельно решать задачи прочности биоконструкций, выбирать и применять соответствующий физико-математический аппарат.

## **3. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина относится к части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений, предлагается обучающимся на выбор.

## **4. Семестр(ы) освоения и форма(ы) промежуточной аттестации по дисциплине**

Первый семестр, экзамен

## **5. Входные требования для освоения дисциплины**

Для успешного освоения дисциплины требуются компетенции, сформированные в ходе освоения образовательных программ предшествующего уровня образования.

## **6. Язык реализации**

Русский

## **7. Объем дисциплины**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 з.е., 180 часов, из которых:

-лекции: 10 ч.

-практические занятия: 22 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

## **8. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам**

Тема 1. Задачи механики разрушения

Коэффициент концентрации напряжений и методы его расчета. Критерии разрушения.

Энергетические методы механики разрушения. Определение критической и допустимой длины трещины.

Тема 2. Допускаемое напряжение и подбор сечений биоконструкций

Допускаемые напряжения, определение коэффициента запаса прочности, определение допускаемой площади поперечного сечения элемента конструкции

Тема 3. Статически неопределимые задачи

Решение статически неопределимых задач.

Тема 4. Теории прочности

Понятие о главных напряжениях. Напряжения в наклонных сечениях. Теория наибольших нормальных напряжений. Теория наибольших линейных деформаций. Теория наибольших касательных напряжений. Теория энергии изменения формы.

Тема 5. Расчеты на прочность при повторно-переменных нагрузках

Понятие об усталости материалов. Предел выносливости при несимметричном цикле напряжений. Расчет на прочность при переменных напряжениях, изменяющихся по симметричному циклу. Определение запаса прочности при несимметричном цикле напряжений. Определение запаса прочности.

Тема 6. Надежность биоконструкций

Понятие надежности, повреждения, отказа работы биоконструкций. Причины отказа. Нарботка на отказ. Вероятность отказа и безотказной работы изделия. Статистическая выборка, Плотность вероятности времени безотказной работы конструкции, интенсивность отказов. Определение количественных характеристик надежности по статистическим данным.

## **9. Текущий контроль по дисциплине**

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, проведения контрольных работ в виде письменных ответов на контрольные вопросы и в виде решения задач по оценке прочности конструкций. Выполнение заданий по текущему контролю оценивается баллами и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр.

## **10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации**

Баллы, выставленные за текущий контроль знаний, а именно за выполнение контрольных работ, непосредственно влияют на оценку экзамена.

Контрольные работы текущего контроля, включающие письменные ответы на вопросы курса проверяют ИПК – 4.1, контрольные работы, включающие решение задач по прочности биоконструкций, проводимые после каждой темы курса, проверяют сформированность ИПК– 1.4, ИПК-1.5, ИПК – 2.2, ИПК-2.3, ИПК – 4.2, ИПК-4.3.

Примерный перечень контрольных вопросов, проверяющих сформированность ИПК-1.1, ИПК-1.2, ИПК-1.3, ИПК-2.1, ИПК-4.1:

1. Что называют коэффициентом концентрации напряжений?
2. Дайте определение допускаемому напряжению и запасу прочности
3. В каких случаях пренебрегают концентрацией напряжений при выборе допускаемого напряжения?
4. Какие задачи называются статически неопределимыми?
5. Какие дополнительные уравнения необходимо ставить для решения статически неопределимых задач?
6. В чем разница расчетов по допускаемой нагрузке и допускаемому напряжению?
7. Условия достижения коэффициентом интенсивности напряжений критического значения.
8. Для чего служат теории прочности?
9. Применимость теории наибольших нормальных напряжений.
10. Равноопасное состояние в теории наибольших линейных удлинений.
11. Условие текучести материала в теории наибольших касательных напряжений.
12. Какие теории прочности пригодны для расчета пластичных материалов, а какие для хрупких?
13. Конструкционные методы повышения прочностной надежности деталей.
14. Явление усталости материалов. Предел выносливости. Базовое число циклов.
15. Какой цикл напряжений называется симметричным?
16. Как определить запас прочности при симметричном цикле напряжений?
17. Как по приближенной диаграмме усталости определяется запас прочности детали?
18. Как определяется запас прочности при сложном напряженном состоянии при переменных напряжениях?
19. Роль энергии в механике разрушения.
20. Понятие критического напряжения и критической длины трещины.

Тематика контрольных задач:

1. Определение критической и допустимой длины трещины.
2. Определение допускаемых напряжений, коэффициента запаса прочности, допускаемой площади поперечного сечения элемента конструкции

3. Расчет статически неопределимых систем по допускаемым нагрузкам и предельным состояниям.
4. Расчет на прочность при переменных напряжениях, изменяющихся по симметричному циклу.
5. Определение запаса прочности при несимметричном цикле напряжений.
6. Определение количественных характеристик надежности по статистическим данным.

Количество баллов за экзамен определяется как средний балл выставленный за все контрольные работы.

Результаты экзамена определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно» и проставляются в зависимости от количества набранных баллов.

Соответствие оценок полученным баллам представлено в таблице:

<b>неудовлетворительно</b>	<b>удовлетворительно</b>	<b>хорошо</b>	<b>отлично</b>
0 – 59 баллов	60 – 73 баллов	74 – 87 баллов	88 – 100 баллов

## 11. Учебно-методическое обеспечение

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle» - <http://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=22408>

б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

в) План практических занятий по дисциплине.

г) Методические указания по организации самостоятельной работы студентов.

## 12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

а) основная литература:

– Беляев Н. М. Сборник задач по сопротивлению материалов / Беляев Н. М., Паршин Л. К., Мельников Б. Е., Шерстнев В. А.. - Санкт-Петербург : Лань, 2021. - 432 с.. URL: <https://e.lanbook.com/book/167380>.

– Романенко С. В. Сопротивление материалов : учебное пособие : [для студентов всех специальностей, изучающих дисциплину "Сопротивление материалов"] / С. В. Романенко ; Рос. гос. ун-т нефти и газа (нац. исслед. ун-т) им. И. М. Губкина. - Изд. 2-е, перераб. и доп.. - Москва : Проспект, 2019. - 200 с.

– Дроздова Н. А. Расчеты на прочность и жесткость статически определимых и статически неопределимых систем : Учебное пособие / Сибирский федеральный университет. - Москва : ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М", 2022. - 224 с.. URL: <http://znanium.com/catalog/document?id=385315>. URL: <https://znanium.com/cover/1833/1833499.jpg>

б) дополнительная литература:

– Степин П. А. Сопротивление материалов : учебник / П. А. Степин. – Изд. 13-е, стер. – СПб. [и др.] : Лань, 2014. – 319 с. – URL: [http://e.lanbook.com/books/element.php?p11\\_cid=25&p11\\_id=3179](http://e.lanbook.com/books/element.php?p11_cid=25&p11_id=3179)

– Сопротивление материалов с основами теории упругости и пластичности : учебник / Г. С. Варданян, В. И. Андреев, Н. М. Атаров, А. А. Горшков ; под ред. Г. С. Варданяна, Н. М. Атарова. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : ИНФРА-М, 2014. – 510 с. – Режим доступа ЭБС Znanium.com: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=448729>

– Андреев В. И. Механика неоднородных тел : учебное пособие / В. И. Андреев ; Моск. гос. строит. ун-т - Нац. исслед. ун-т. – М. : Юрайт, 2015. – 254 с. – Режим доступа ЭБС Юрайт: <https://www.biblio-online.ru/book/3F97844B-D9D7-4995-84A7-03683495A972>

- Бегун П. И. Моделирование в биомеханике: Учеб. пособие/ П. И. Бегун, П. Н. Афонин.– М. : Высшая школа , 2004. – 390 с.
- Проблемы прочности в биомеханике: учебное пособие / под ред. И.Ф. Образцова. – М. : Высшая школа, 1988. – 311 с.
- Обысов А.С. Надежность биологических тканей / А.С. Обысов. – М., 1971. – 104 с.
- Когаев В. П. Расчеты на прочность при напряжениях, переменных во времени / В. П. Когаев. – М. : Машиностроение, 1977. – 232 с. URL: <http://sun.tsu.ru/limit/2017/000555953/000555953.djvu>

- в) ресурсы сети Интернет:
  - Российский журнал биомеханики – <https://vestnik.pstu.ru/biomech/about/inf/>
  - Общероссийская Сеть КонсультантПлюс Справочная правовая система. <http://www.consultant.ru>

### **13. Перечень информационных технологий**

- а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:
  - Microsoft Office Standart 2013 Russian: пакет программ. Включает приложения: MS Office Word, MS Office Excel, MS Office PowerPoint, MS Office On-eNote, MS Office Publisher, MS Outlook, MS Office Web Apps (Word Excel MS PowerPoint Outlook);
  - публично доступные облачные технологии (Google Docs, Яндекс диск и т.п.).

#### **б) информационные справочные системы:**

- Электронный каталог Научной библиотеки ТГУ – <http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?locale=ru&theme=system>
- Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ – <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>
- ЭБС Лань – <http://e.lanbook.com/>
- ЭБС Консультант студента – <http://www.studentlibrary.ru/>
- Образовательная платформа Юрайт – <https://urait.ru/>
- ЭБС ZNANIUM.com – <https://znanium.com/>
- ЭБС IPRbooks – <http://www.iprbookshop.ru/>

#### **в) профессиональные базы данных:**

- Научная электронная библиотека – [www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru)
- База данных по материаловедению Springer Materials – [www.materials.springer.com](http://www.materials.springer.com)
- Библиотека журналов издательства John Wiley & Son и др., например, Wiley Online Library – [www.onlinelibrary.wiley.com](http://www.onlinelibrary.wiley.com)
- Коллекции журналов Sage по естественным, техническим наукам и медицине – [www.online.sagepub.com](http://www.online.sagepub.com)
- Политематическая база данных издательства Elsevier – [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com).

### **14. Материально-техническое обеспечение**

Аудитории для проведения занятий лекционного типа.

Аудитории для проведения занятий семинарского типа, индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой и доступом к сети Интернет, в электронную информационно-образовательную среду и к информационным справочным системам.

## **15. Информация о разработчиках**

Чайковская Татьяна Витальевна, доктор физико-математических наук, профессор кафедры прочности и проектирования физико-технического факультета