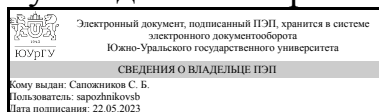


УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель направления



С. Б. Сапожников

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины ФД.01 Автоматизированное проектирование композитных конструкций

для направления 15.04.03 Прикладная механика

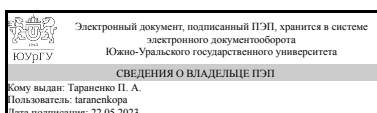
уровень Магистратура

форма обучения очная

кафедра-разработчик Техническая механика

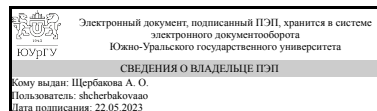
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 15.04.03 Прикладная механика, утверждённым приказом Минобрнауки от 09.08.2021 № 731

Зав.кафедрой разработчика,  
к.техн.н., доц.



П. А. Тараненко

Разработчик программы,  
к.техн.н., доц., доцент



А. О. Щербакова

## 1. Цели и задачи дисциплины

Целью изучения дисциплины является изучение основных особенностей композитов по сравнению с традиционными материалами (сталями, сплавами), современных методов производства композитов, их испытаний и моделирования для использования в практической деятельности при оценке прочности и жесткости композитных материалов и конструкций. Для достижения цели в рамках курса решаются следующие задачи: 1) знакомство с классификацией и основных особенностей композитов, отличающих их от традиционных конструкционных материалов - сталей, сплавов и чугунов; 2) изучение особенностей и свойств структурных компонентов композитов, их преимуществ и недостатков; 3) знакомство с современными методами производства композитов; 4) ознакомление с современными методами испытаний композитов, а также установленными в этой сфере требованиями, действующими нормами, правилами и стандартами; 5) изучение аналитических и численных моделей композитных материалов для расчета различных композитных структур; 6) освоение общих принципов и методов проектирования композиционных материалов, выявления типов конструкций, для которых замена металла композитами может дать положительный экономический эффект.

## Краткое содержание дисциплины

Дисциплина "Механика композитных материалов" принадлежит к циклу специальных. В дисциплине предусмотрены следующие разделы: 1) часть 1 (знакомство с классификацией и основных особенностей композитов, отличающих их от традиционных конструкционных материалов - сталей, сплавов и чугунов; изучение особенностей и свойств структурных компонентов композитов, их преимуществ и недостатков; знакомство с современными методами производства композитов); 2) часть 2 (изучение аналитических и численных моделей композитных материалов для расчета различных композитных структур; освоение общих принципов и методов проектирования композиционных материалов, выявления типов конструкций, для которых замена металла композитами может дать положительный экономический эффект).

## 2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ОПК-3 Способен организовывать работу по совершенствованию, модернизации и унификации выпускаемых изделий и их элементов	Знает: технологии моделирования МКЭ сложных структур из композитных материалов с использованием Ansys Composite PrePost Умеет: создавать конечно-элементные модели композитных структур и выполнять их инженерный анализ Имеет практический опыт: инженерного анализа изделий из композитных материалов с помощью модуля Composite PrePost пакета прикладных программ Ansys Workbench

### 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
ФД.02 Теоретические основы метода конечных элементов и его инженерные приложения	1.О.12 Управление жизненным циклом изделия

Требования к «входным» знаниям, умениям, навыкам студента, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин:

Дисциплина	Требования
ФД.02 Теоретические основы метода конечных элементов и его инженерные приложения	<p>Знает: основные численные методы, применяемые в расчётах МКЭ элементов конструкций машин, приводов, оборудования, механических систем, базовые понятия метода конечных элементов</p> <p>Умеет: выполнять численное моделирование моделей деталей машин, приводов, оборудования, механических систем, применять МКЭ для модернизации и унификации выпускаемых изделий и их элементов</p> <p>Имеет практический опыт: численного моделирования при создании математических моделей машин, приводов, оборудования, механических систем, инженерными подходами КЭ анализа изделий и их элементов</p>

### 4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 2 з.е., 72 ч., 36,25 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах
		Номер семестра
		3
Общая трудоёмкость дисциплины	72	72
<i>Аудиторные занятия:</i>	32	32
Лекции (Л)	0	0
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	32	32
Лабораторные работы (ЛР)	0	0
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	35,75	35,75
Подготовка доклада	20	20
Работа с литературными источниками	15,75	15.75
Консультации и промежуточная аттестация	4,25	4,25
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	зачет

### 5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Испытания и расчёты на прочность элементов конструкций из композитов	32	0	32	0

### 5.1. Лекции

Не предусмотрены

### 5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	1	Механические характеристики компонентов ВКМ, детерминированные и стохастические критерии прочности полимерной матрицы и волокон	2
2	1	Математические модели разрушения ВКМ и их компонентов в рамках МКЭ-пакетов (ANSYS WB), implicit/explicit анализ	2
3	1	Изготовление образцов и расчётная оценка остаточных напряжений в ВКМ после изготовления	2
4	1	Изготовление образцов и испытания на трёхточечный изгиб ВКМ до разрушения с различной длиной пролёта, лабораторная работа	2
5	1	Анализ результатов лабораторной работы «Испытания на трёхточечный изгиб ВКМ»	2
6	1	Изготовление образцов и испытания ВКМ на растяжение в присутствии отверстия (ОНТ), лабораторная работа. Изменение формы концентратора для снижения чувствительности прочности к концентратору (введение надрезов и отверстий)	2
7	1	Анализ результатов лабораторной работы «Испытания ВКМ на растяжение в присутствии отверстия»	2
8	1	Изготовление образцов и испытания ВКМ по методу DCB, лабораторная работа (определение GIC)	2
9	1	МКЭ-анализ результатов лабораторной работы «Испытания ВКМ по методу DCB»	2
10	1	Изготовление образцов и испытания ВКМ по методу ENF, лабораторная работа (определение GIIC)	2
11	1	МКЭ-анализ результатов лабораторной работы «Испытания ВКМ по методу ENF»	2
12	1	Изготовление образцов и испытания ВКМ на локальный удар (LVI – падающий груз) с оценкой остаточной прочности (CAI) от энергии удара, лабораторная работа	2
13	1	МКЭ-анализ результатов лабораторной работы «Испытания ВКМ на локальный удар (LVI – падающий груз)»	2
14	1	Вырезка образцов и испытания хоккейных клюшек и их фрагментов на изгиб до разрушения. Анализ результатов и расчётная оценка оптимальности конструкции рукоятки клюшки	2
15	1	Изготовление нахлесточных клеевых соединений, механические испытания и расчётный анализ прочности	2
16	1	Подготовка к зачету	2

### 5.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены

#### 5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС			
Подвид СРС	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс	Семестр	Кол-во часов
Подготовка доклада	Источники [1] из списка основной литературы, учебники [1 - 6] из списка дополнительной литературы, электронное пособие Дефекты и прочность армированных пластиков : Монография / С. Б. Сапожников; статьи в журналах	3	20
Работа с литературными источниками	Источники [1] из списка основной литературы, учебники [1 - 6] из списка дополнительной литературы, электронное пособие Дефекты и прочность армированных пластиков : Монография / С. Б. Сапожников	3	15,75

#### 6. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации

Контроль качества освоения образовательной программы осуществляется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценивания результатов учебной деятельности обучающихся.

##### 6.1. Контрольные мероприятия (КМ)

№ КМ	Се-местр	Вид контроля	Название контрольного мероприятия	Вес	Макс. балл	Порядок начисления баллов	Учитывается в ПА
1	3	Текущий контроль	Лабораторные работы	1	5	Критерии оценивания: 1) качество выполнения работы; 2) качество оформления результатов; 3) срок исполнения работы. Задание оценивается в процентах качественно выполненной работы. Шкала оценивания по критериям 1-3: 90 - 100 % - работа выполнена без ошибок, оформление четкое и аккуратное; 75 - 89 % - работа выполнена с незначительными ошибками, оформление местами небрежное; 0 - 59 % - работа не выполнена или выполнена только незначительная часть, решение не оформлено	зачет
2	3	Промежуточная аттестация	Зачет	-	40	Зачет проводится в виде доклада по одной из тем лабораторных работ. Критерии оценивания: Отлично: – студент демонстрирует высокий (продвинутый) уровень сформированности компетенций, если он не только глубоко и прочно усвоил материал курса, исчерпывающе,	зачет

					<p>последовательно, четко и логически стройно его излагает, но и умеет увязать теорию с практикой, свободно справляясь с задачами повышенного уровня сложности, правильно обосновывает принятые решения, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач; Хорошо: – студент демонстрирует хороший уровень сформированности компетенций, твердо знает материал курса, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении стандартных задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения;</p> <p>Удовлетворительно: – студент демонстрирует пороговый уровень сформированности компетенций, имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении материала, испытывает затруднения при выполнении практических задач; Неудовлетворительно: – студент демонстрирует недостаточное освоения порогового уровня сформированности компетенций, не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями решает задачи или не справляется с ними самостоятельно</p>
--	--	--	--	--	--

## 6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
зачет	<p>Зачет проводится в виде доклада по одной из тем лабораторных работ. Критерии оценивания: Отлично: – студент демонстрирует высокий (продвинутый) уровень сформированности компетенций, если он не только глубоко и прочно усвоил материал курса, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, но и умеет увязать теорию с практикой, свободно справляясь с задачами повышенного уровня сложности, правильно обосновывает принятые решения, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач;</p> <p>Хорошо: – студент демонстрирует хороший уровень сформированности компетенций, твердо знает материал курса, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении стандартных задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения; Удовлетворительно: – студент</p>	<p>В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения</p>

	<p>демонстрирует пороговый уровень сформированности компетенций, имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении материала, испытывает затруднения при выполнении практических задач;</p> <p>Неудовлетворительно: – студент демонстрирует недостаточное освоения порогового уровня сформированности компетенций, не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями решает задачи или не справляется с ними самостоятельно</p>	
--	--	--

### 6.3. Паспорт фонда оценочных средств

Компетенции	Результаты обучения	№ КМ	
		1	2
ОПК-3	Знает: технологии моделирования МКЭ сложных структур из композитных материалов с использованием Ansys Composite PrePost	+	+
ОПК-3	Умеет: создавать конечно-элементные модели композитных структур и выполнять их инженерный анализ	+	+
ОПК-3	Имеет практический опыт: инженерного анализа изделий из композитных материалов с помощью модуля Composite PrePost пакета прикладных программ Ansys Workbench	+	+

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### Печатная учебно-методическая документация

#### а) основная литература:

1. Композиционные материалы Справ. В. В. Васильев и др.; Под общ. ред. В. В. Васильева, Ю. М. Тарнопольского. - М.: Машиностроение, 1990. - 510 с. ил.

#### б) дополнительная литература:

1. Тарнопольский, Ю. М. Пространственно-армированные композиционные материалы Справочник. - М.: Машиностроение, 1987. - 224 с. ил.
2. Худяков, В. А. Современные композиционные строительные материалы [Текст] учеб. пособие для вузов по специальности "Пр-во строит. материалов, изделий и конструкций" В. А. Худяков, А. П. Прошин, С. Н. Кислицына. - М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2006. - 141 с.
3. Композиционные материалы Т. 2 Механика композиционных материалов / Н. Д. Пагано, Д. Сендецки, Р. А. Шепери и др. В 8 т. Ред. Дж. Сендецки; Пер. под ред. А. А. Ильюшина и Б. Е. Победри. - М.: Мир, 1978. - 564 с. ил.
4. Композиционные материалы Т. 3 Применение композиционных материалов в технике /М. Мартин, Н. Дж. Майер, Л. Дж. Корб и др. В 8-ми т.

Ред. Б. Нотон; Пер. Б. Р. Горобец и др.; Под ред. С. Е. Салибекова. - М.: Машиностроение, 1978. - 510 с. ил.

5. Композиционные материалы Т. 6 Поверхности раздела в полимерных композитах/ П. Эрикссон, Э. Плюдеман, К. Шами и др. В 8 т. Под ред. Э. Плюдемана; Пер. под ред. Г. М. Гуняева. - М.: Мир, 1978. - 294 с. ил.

6. Батаев, А. А. Композиционные материалы : строение получение, применение [Текст] учеб. пособие А. А. Батаев, В. А. Батаев. - М.: Логос: Университетская книга, 2006. - 397, [1] с. ил.

7. Вишняков, Л. Р. Композиционные материалы Справочник Под ред. Д. М. Карпиноса. - Киев: Наукова думка, 1985. - 592 с.

8. Худяков, В. А. Современные композиционные строительные материалы [Текст] учебное пособие для вузов по специальности "Пр-во строит. материалов, изделий и конструкций" В. А. Худяков, А. П. Прошин, С. Н. Кислицына. - Ростов н/Д: Феникс, 2007. - 219, [1] с.

*в) отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке:*

1. Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Машиностроение Юж.-Урал. гос. ун-т; ЮУрГУ журнал. - Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2001-

*г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:*

1. Дефекты и прочность армированных пластиков : Монография / С. Б. Сапожников; Челяб. гос. техн. ун-т. - Челябинск : Изд-во Челяб. гос. техн. ун-та, 1994. - 161 с.

*из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:*

1. Дефекты и прочность армированных пластиков : Монография / С. Б. Сапожников; Челяб. гос. техн. ун-т. - Челябинск : Изд-во Челяб. гос. техн. ун-та, 1994. - 161 с.

## **Электронная учебно-методическая документация**

№	Вид литературы	Наименование ресурса в электронной форме	Библиографическое описание
1	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Зиновьев, П.А. Оптимальное проектирование композитных материалов: Учебное пособие по курсу «Проектирование композитных конструкций. Ч. II». [Электронный ресурс] : учеб. пособие / П.А. Зиновьев, А.А. Смердов. — Электрон. дан. — М. : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. — 103 с. <a href="https://e.lanbook.com/book/62062">https://e.lanbook.com/book/62062</a>

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Microsoft-Windows(бессрочно)
2. Microsoft-Office(бессрочно)
3. PTC-MathCAD(бессрочно)
4. ANSYS-ANSYS Academic Multiphysics Campus Solution (Mechanical, Fluent, CFX, Workbench, Maxwell, HFSS, Simplorer, Designer, PowerArtist, RedHawk)(бессрочно)



Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Нет

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Практические занятия и семинары	334 (2)	Компьютеры с предустановленным программным обеспечением
Лекции	334 (2)	Компьютер, проектор, экран