

**ПРИЛОЖЕНИЕ А**  
**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**  
**ПО ДИСЦИПЛИНЕ «Теория и технология упрочнения композиционных материалов»**

*1. Перечень оценочных средств для компетенций, формируемых в результате освоения дисциплины*

Код контролируемой компетенции	Способ оценивания	Оценочное средство
ПК-3: Способен обоснованно (осмысленно) использовать знания основных типов неметаллических и композиционных материалов различного назначения, в том числе наноматериалов для решения профессиональных задач	Экзамен	Комплект контролирующих материалов для экзамена
ПК-5: Способен осуществлять анализ новых технологий производства материалов и разрабатывать рекомендации по составу и способам обработки композиционных конструкционных и иных материалов с целью повышения их конкурентоспособности	Экзамен	Комплект контролирующих материалов для экзамена

*2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, описание шкал оценивания*

Оцениваемые компетенции представлены в разделе «Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций» рабочей программы дисциплины «Теория и технология упрочнения композиционных материалов».

При оценивании сформированности компетенций по дисциплине «Теория и технология упрочнения композиционных материалов» используется 100-балльная шкала.

Критерий	Оценка по 100-балльной шкале	Оценка по традиционной шкале
Студент освоил изучаемый материал (основной и дополнительный), системно и грамотно излагает его, осуществляет полное и правильное выполнение заданий в соответствии с индикаторами достижения компетенций, способен ответить на дополнительные вопросы.	75-100	<i>Отлично</i>
Студент освоил изучаемый материал, осуществляет выполнение заданий в соответствии с индикаторами достижения компетенций с не принципиальными ошибками.	50-74	<i>Хорошо</i>
Студент демонстрирует освоение только основного материала, при	25-49	<i>Удовлетворительно</i>

выполнении заданий в соответствии с индикаторами достижения компетенций допускает отдельные ошибки, не способен систематизировать материал и делать выводы.		
Студент не освоил основное содержание изучаемого материала, задания в соответствии с индикаторами достижения компетенций не выполнены или выполнены неверно.	<25	<i>Неудовлетворительно</i>

**3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки уровня достижения компетенций в соответствии с индикаторами**

**1. ФОМ по теории и технологии упрочнения композиционных материалов**

Компетенция	Индикатор достижения компетенции
ПК-3 Способен обоснованно (осмысленно) использовать знания основных типов неметаллических и композиционных материалов различного назначения, в том числе наноматериалов для решения профессиональных задач	ПК-3.1 Устанавливает связь состава, структуры и свойств материалов, в том числе наноматериалов, с технологическими и эксплуатационными свойствами
	ПК-3.2 Разрабатывает рекомендации по составу и способам обработки конструкционных композиционных и иных материалов и технологии их модификации и упрочнения
ПК-5 Способен осуществлять анализ новых технологий производства материалов и разрабатывать рекомендации по составу и способам обработки композиционных конструкционных и иных материалов с целью повышения их конкурентоспособности	ПК-5.1 Анализирует новые технологии производства материалов
	ПК-5.2 Применяет существующие методики исследования свойств материалов и/или разрабатывает новые методики с использованием профессиональных баз данных

## ТЕСТ

для проведения промежуточной аттестации  
по дисциплине

### **Теория и технология упрочнения композиционных материалов для студентов направления 22.04.01 МнТМ (МТКМ)**

1. Указан конструктивный элемент, изделие. Обозначьте условия эксплуатации. На основе анализа возможных механизмов разрушения, спроектируйте состав и структуру слоистого анизотропного композиционного материала используя данные Приложения 1,2. **(ИДК ПК- 3.1)**

2. Исходя из особенностей взаимодействия определенного класса волокнистого наполнителя на границе раздела обоснуйте необходимость модификации поверхности волокнистого армирующего наполнителя или полимерного связующего. Предложите метод модификации. **(ИДК ПК- 3.2)**

3. Определите максимально действующую нагрузку (характер действия, направление приложения, вид) и на основании проведенного анализа составьте программу испытаний минимального, но достаточного объема, с кратким описанием метода и требования к виду образцов. **(ИДК ПК- 5.2)**

4. Выберите технологии изготовления вашего конструктивного элемента, изделия из Приложения 3. Выбор обоснуйте. Представьте краткую схему технологического процесса. **(ИДК ПК- 5.1)**

Механические характеристики связующих

Упругие и прочностные характеристики	Вариант							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	Полиэфирное связующее	Эпоксидное связующее	Эпоксифенольное связующее	Фенолформальдегидное связующее	Полипропилен	Полиимидное связующее	Алюминиевый сплав	Магний сплав
$E_m$ , ГПа	2,1-4,6	2,8-4,2	2,8-4,1	2,8-4,6	2	4	70	40
$G_m$ , ГПа	1,0-1,9	0,8-1,5	1,1-1,6	1,0-1,4	-	-	-	-
$\nu_m$	0,35-0,42	0,34-0,4	0,33-0,4	0,35	0,4	0,4	0,34	0,3-0,35
Прочность при растяжении, $\bar{\sigma}_{m1}^+$ , МПа	42-70	28-91	33-86	42-63	25-40	100	100-480	120-200
Прочность при сжатии, $\bar{\sigma}_{m1}^-$ , МПа	-	-	-	-	-	114	-	-
Прочность при сдвиге, $\bar{\tau}_{m12}$ , МПа	-	-	-	-	-	-	-	-
КЛТР $\alpha_m \cdot 10^6$ 1/°C	55	55	55	55	110	50	25	26
Предельное удлинение, %	6	2-6	1,8-3,2	1,5-2,0	10-20	5	8-12	8-12
Плотность $\rho_p$ , г/см <sup>3</sup>	1,2	1,2	1,2	1,2	0,9-0,91	1,2	2,7	1,7

ХАРАКТЕРИСТИКИ ОСНОВНЫХ ВИДОВ ТКАННЫХ АРМИРУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ

Природа, марка, тип материала	Тип переплетения	Поверхностная плотность $m, \text{кг/м}^2$	Толщина $h, \text{мм}$	Плотность укладки		Средняя прочность $\sigma^*, \text{ГПа}$		Разрывная нагрузка при растяжении, кг		Относительная деформация $e, \%$
				основа	уток	основа	уток	основа	уток	
I Стекланные										
1.1 Ткани										
- марка Т	сатин 8/3	0,29	0,23÷0,25	187	104	0,48	0,28	160-175	85-115	-
- марка А	сатин 5/3	0,37-0,39	0,3	229÷238	135÷140	0,27÷0,39	0,14-0,23	160-175	85-115	-
- марка Э	полотно	0,29-0,31	0,27-0,29	173	108÷10	0,28-0,03	0,19-0,24	160-175	85-115	-
- марка ТСФ	полотно	0,07-0,11	0,06-0,1	34-54	27-54	0,2÷0,24	0,17-0,24	28	20	-
- марка ТСУ, ТУ, ТС	-	0,03-0,105	0,025-0,1	200-360	200-320	-	-	10-30	7-30	-
- марка МТТС	полотно	0,25-0,65	0,33	160-200	90-150	-	-	120-300	80-150	-
	сатин 8/3	0,29-0,3	0,26-0,47	144-170	104-144	0,13-0,22	0,13-0,22	-	-	-
	трехмер.	0,32	0,27	134	179	0,33	0,43	-	-	-
		2,1	2,2	-	-	0,25	0,18	-	-	-
1.2 Сетка из крученых нитей										
-марка ССЭ,	-	0,04-0,24	0,025-0,06	160-134	90-150	-	-	10-110	3-100	-
ССТЭ	-	0,12-0,25	-	40-70	50-70	-	-	50-100	11-80	-
-марка РС	-	0,35	-	50	50	-	-	180	170	-
-марка ССХ	-									
1.3 Сетка из некрученых нитей										
	5 прядей ровница по основе и 4; 5;	0,81-0,87	0,76-0,85	60	60-120	0,7	0,56-0,7	-	-	-
	2,5 прядей по утку									
1.4 Лента шириной 8-50										
	-	-	0,027-0,25	180-360	280-300	-	-	4-23	-	-
2. Органические арамидные										
2.1 -марка СВМ	полотно рогожка 2/2 сатин 8/3	0,11 0,11-0,18 0,16	0,13-0,45 0,2-0,35 0,4	26,5-142 43-59 75	30-142 44-74 69	0,24-0,39 0,26 0,26	0,27-0,39 0,26-0,31 0,21	- - -	- - -	9-14 10-11 9-12
2.2 Кевлар 49	полотно сатин саржа 3/1	0,21-0,23 0,17 0,17-0,19	0,11-0,33 0,254 0,25-0,33	170-340 500 170-1000	170-340 500 170-200	0,44-1,2 1,23 1,14-2,3	0,44-1,2 1,23 0,22-0,52	- - -	- - -	- - -
2.3 Лента	-	0,17	0,35	168	23,7	71	-	-	75	-
3. Углеродные										
3.1 Ткани из пряж	сатин	0,28-0,51	0,38-0,7	860-1600	820-1480	-	-	116-220	108-236	-
-марка Торнел	полотно	0,193	0,27	1250	-	-	-	-	-	-
-марка Геркулес	сатин	0,37	0,39	430	-	-	-	-	-	-
-марка Файберайт	сатин 8/3	0,356	0,43	-	-	-	-	-	-	-
-марка Рейксил	полотно	0,128	0,18	-	-	-	-	-	-	-
	сатин	0,186	0,25	-	-	-	-	-	-	-
	полотно	0,194	0,25	-	-	-	-	-	-	-
4. Высокосиликатные.										
-из пряжи 82	сатин 8/3	0,35	0,33	-	-	-	-	13,3	11,1	-
-пряжи 84	сатин 8/3	0,63	0,66	200	160	-	-	31,1	20	-
5. Кварцевые ткани										
-из пряжи 581	сатин 8/3	0,28	0,28	220	210	-	-	82,3	75,6	-
-из пряжи 570	сатин 8/3	0,66	0,69	150	90	-	-	213,5	177,9	-
6. Асбестовые ткани										
-марки АГ (хлопок 10-18%)	полотно	0,9-1,6	1,4-2,5	0,6*-0,82*	90	-	-	65-225	27-60	-
7. Х/б ткани										
-легкие	Полотно	0,15	-	2,5-3,8*	2,4-3,6*	-	-	34-40	23-40	-
-средние	Саржа	до 0,3	-	2-3,8	1,6	2,4	35-120	32-40	-	-
-тяжелые	Сатин	более 0,3	-	1	0,48	-	-	800	134	-

\* - число нитей на 10 см

**Основные технологические процессы формообразования изделий из ВПКМ**

Технологический процесс	Применение
<p><b>контактное формование:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ручная выкладка</li> </ul>	<p>Применяется для изготовления крупногабаритных малонагруженных деталей сложной конфигурации: коробчатых кожухов механизмов, баков, корпусов и других элементов лодок, катеров и пр.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• автоматическая выкладка</li> </ul>	<p>Технологии автоматизированной выкладки ленты ATL (Automated Tape Laying) и автоматизированной выкладки волокон AFP (Automated Fiber Placement). Суть обоих методов заключается в том, что на формующую оснастку происходит выкладка роботом ленты препрега (ATL) или пропитанных волокон (AFP). После окончания процесса формующую оснастку с уложенным в ней препрегом отправляют в автоклав для отверждения связующего и конечной фиксации формы изделия.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• напыление</li> </ul>	<p>Наполнитель дозируют вместе со связующим непосредственно в форму, после чего выложенную композицию прикатывают роликом</p>
<p><b>VARI инъекция с применением мембраны:</b> вакуумное вакуумное-автоклавное</p>	<p>Суть метода автоклавного формования заключается в выкладке предварительно раскроенного препрега в форму, которую затем помещают в вакуумный мешок и откачивают воздух. За счет вакуумирования мешка с препрегом происходит частичное удаление летучих компонентов и воздушных включений, что обеспечивает низкую пористость получаемого изделия и равномерность его свойств в объеме. Далее вакуумированный мешок с формующей оснасткой подается во внутреннее пространство автоклава.</p>
<p><b>формообразование давлением:</b> пропитка под давлением пропитка в вакууме (RTM инъекция в закрытую форму, вакуумный RTM)</p>	<p>Суть метода заключается в выкладке сухого армирующего наполнителя на формующую полость, сборке и герметизации оснастки, и подаче связующего под давлением в форму. Процесс пропитки продолжается до тех пор, пока связующее полностью не заполнит рабочее формообразующее пространство.</p>
<p><b>пропитка пленочным связующим (RFI)</b></p>	<p>Суть метода пропитки пленочным связующим заключается в следующем: на формующую полость выкладываются слои предварительно рас-</p>

	<p>кроенного наполнителя и термореактивной композиции в виде пленки; подготавливается технологический пакет;</p> <p>в зависимости от требований к конечному продукту проводится формование либо в условиях разрежения в печи, либо при избыточном давлении в автоклаве.</p>
<b>вакуумная инфузия VARTM</b>	<p>В основе метода лежит процесс пропитки армирующего наполнителя связующим, движущимся за счет разницы давления. Эту разницу давлений обеспечивает разрежение, создаваемое в вакуумном мешке, в котором находятся формирующая оснастка и наполнитель, с помощью вакуумного насоса. В результате возникновения градиента давлений связующее из емкости поступает в формирующую полость и равномерно пропитывает находящийся там сухой армирующий материал.</p>
<b>намотка:</b> мокрая	<p>Применяется для изготовления изделий имеющих форму тел вращения и баллонов давления. Намотка осуществляется после пропитки наполнителя непосредственно перед подачей на оправку.</p>
сухая	<p>«Сухая» намотка подразумевает использование предварительно пропитанного связующим наполнителя – препрега. Это позволяет обеспечивать заданное содержание связующего, что, в свою очередь, обеспечивает стабильность физико-механических характеристик изделия.</p>
<b>Пултрузия</b>	<p>Способ непрерывного получения длинномерных профильных деталей постоянного сечения из армированных ПКМ, представляет процесс протягивания исходного материала сквозь фильеру, нагретую до температуры полимеризации матрицы ПКМ.</p>

**4. Файл и/или БТЗ с полным комплектом оценочных материалов прилагается.**