

ПРИЛОЖЕНИЕ А
ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ «Механика разрушения анизотропных 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 «Механика разрушения анизотропных материалов».

При оценивании сформированности компетенций по дисциплине «Механика разрушения анизотропных 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. Механика разрушения анизотропных материалов.

Проверка ПК -3.1 и 3.2, ПК-5.1 и 5.2

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

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ
ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ
«Механика разрушения анизотропных материалов»
для студентов направления 22.04.01 МиТМ (МТКМ)**

1. Для пластины указанного геометрического размера: выясните условия закрепления краев, определить постоянную интегрирования, записать выражения для внутренних сил, построить эпюры внутренних сил в одном из сечений: сечение x – эпюры M_x , Q_x ; сечение y - эпюры M_y , Q_y . Приложение 3. Выражение для функции $q(x, y)$ и $W(x, y)$ и числовые значения заданы.

Спроектируйте состав и структуру слоистого анизотропного композиционного материала из N слоев для изготовления данной пластины и пересчитайте силы, действующие в сечении с учетом выбранного материал и схемы армирования каждого слоя используя данные Приложения 2,4,5. Записать выражения для внутренних сил, построить эпюры внутренних сил в одном из сечений: сечение x – эпюры M_x , Q_x ; сечение y - эпюры M_y , Q_y , для спроектированного материала **(ИДК ПК- 3.1, ПК- 3.2)**

2. Выберите технологию изготовления пластины из Приложение 6. Выбор обоснуйте. Представьте краткую схему технологического процесса. **(ИДК ПК- 5.1)**

3. Составьте программу испытаний минимального, но достаточного объема, с кратким описанием метода и требования к виду образцов. **(ИДК ПК- 5.2)**

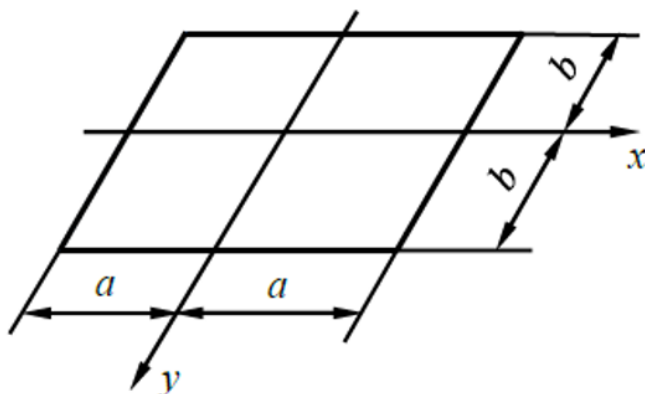


Рисунок 1 – Внешний вид пластины

Механические характеристики армирующих волокон

Упругие и прочностные характеристики	Вариант			
	1	2	3	4
	Стеклонить	Угленить	Органонить	Бороволокно
E_{e1} , ГПа	70-80	300-700	130-140	300-400
E_{e2} , ГПа	70-80	9	130-140	300-400
G_{e12} , ГПа	24	12	20	100
ν_{e12}	0,22	0,15	0,25-0,35	0,11
Прочность при растяжении, $\bar{\sigma}_{в1}^+$, МПа	2500	2400-3500	2000-2500	3000-3500
Прочность при сжатии, $\bar{\sigma}_{в1}^-$, МПа	-	-	-	-
Предельное удлинение, %	3,0-3,5	1,0	2-4	$\leq 1,0$
Продольный коэффициент линейного термического расширения $\alpha_{e1} \cdot 10^6 1/^\circ C$	5-10	-0,5	2-3	7
Поперечный КЛТР $\alpha_{e2} \cdot 10^6 1/^\circ C$	5-10	5	2-3	7
Плотность ρ_v , г/см ³	2,45-2,55	1,7-1,9	1,44	2,7

Методические указания к расчету пластины

На основе гипотез технической теории расчёта пластин получим, что все неизвестные перемещения U, V ; деформации $\xi_x, \xi_y, \gamma_{xy}$; напряжения $\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}, \tau_{zy}, \tau_{zx}$ будут выражены через прогиб – $W(x, y)$. Его находим из решения дифференциального уравнения равновесия пластины при изгибе (уравнение Софи Жермен):

$$\frac{\partial^4 W}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 W}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 W}{\partial y^4} = \frac{q(x, y)}{D}, \quad (3.1)$$

где

$$D = \frac{Eh^3}{12(1 - \nu^2)} \text{ (кН} \cdot \text{м)},$$

цилиндрическая жёсткость поперечного сечения пластины.

Внутренние силы (статический эквивалент напряжений) определяем по формулам:

а) интенсивность изгибающих моментов в поперечных сечениях с нормальми x и y соответственно:

$$M_x = -D \left(\frac{\partial^2 W}{\partial x^2} + \nu \frac{\partial^2 W}{\partial y^2} \right); M_y = -D \left(\frac{\partial^2 W}{\partial y^2} + \nu \frac{\partial^2 W}{\partial x^2} \right); \left(\frac{\text{кН} \cdot \text{м}}{\text{м}} \right). \quad (3.2)$$

б) интенсивность поперечных сил:

$$Q_x = -D \left(\frac{\partial^3 W}{\partial x^3} + \frac{\partial^3 W}{\partial x \partial y^2} \right); Q_y = -D \left(\frac{\partial^3 W}{\partial y^3} + \frac{\partial^3 W}{\partial y \partial x^2} \right); \left(\frac{\text{кН}}{\text{м}} \right). \quad (3.3)$$

в) интенсивность крутящего момента:

$$H = -D(1 - \nu) \frac{\partial^2 W}{\partial x \partial y}; \left(\frac{\text{кН} \cdot \text{м}}{\text{м}} \right). \quad (3.4)$$

При решении уравнения (3.1) постоянные интегрирования находим из граничных условий. Граничные условия – это аналитические выражения для кинематических и статических параметров в краевых точках. Различают такие группы граничных условий:

1. Кинематическая – известны прогибы и углы поворота сечений:

а) сечение с нормалью x : $\alpha_x = \frac{\partial W}{\partial x}$;

б) сечение с нормалью y : $\alpha_y = \frac{\partial W}{\partial y}$.

2. Статическая – известны внутренние силы:

а) сечение с нормалью x : M_x, Q_x, H ;

б) сечение с нормалью y : M_y, Q_y, H .

3. Смешанная – известны часть перемещений и внутренних сил.

Запишем граничные условия для всех краёв срединной плоскости пластины:

1. При $x = 0, W = 0$

$$M_x = -D \left(\frac{\partial^2 W}{\partial x^2} + \nu \frac{\partial^2 W}{\partial y^2} \right) = 0 \quad (3.5)$$

- смешанная группа;

2. При $x = a, W = 0$

$$M_x = -D \left(\frac{\partial^2 W}{\partial x^2} + \nu \frac{\partial^2 W}{\partial y^2} \right) = \overline{M}_x \quad (3.6)$$

- смешанная группа;

3. При $y = b, M_y = 0$

$$\alpha_y = \frac{\partial W}{\partial y} \quad (3.7)$$

- кинематическая группа;

4. При $y = b, M_y = 0$

$$\overline{Q}_y = -D \left[\frac{\partial^3 W}{\partial x^3} + (2 - \nu) \frac{\partial^3 W}{\partial y^3} \right] = 0 \quad (3.8)$$

- статическая группа,

где \overline{Q}_y - интенсивность приведенной поперечной силы.

Приложение 4

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	-	-	-	-
ν_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 ρ_b , г/см ³	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	0,19-0,024	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
контактное формование: <ul style="list-style-type: none"> • ручная выкладка 	Применяется для изготовления крупногабаритных малонагруженных деталей сложной конфигурации: коробчатых кожухов механизмов, баков, корпусов и других элементов лодок, катеров и пр.
<ul style="list-style-type: none"> • автоматическая выкладка 	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.
<ul style="list-style-type: none"> • напыление 	Наполнитель дозируют вместе со связующим непосредственно в форму, после чего выложенную композицию прикатывают роликом
VARI инъекция с применением мембраны: вакуумное вакуумное-автоклавное	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.
формообразование давлением: пропитка под давлением пропитка в вакууме (RTM инъекция в закрытую форму, вакуумный RTM)	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.
пропитка пленочным связующим (RFI)	Суть метода пропитки пленочным связующим заключается в следующем: на формующую полость выкладываются слои предварительно рас-

	<p>кроенного наполнителя и терморезактивной 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>
<p>вакуумная инфузия VARTM</p>	<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>

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