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	*Отлично*
Студент освоил изучаемый материал, осуществляет выполнение заданий в соответствии с индикаторами достижения компетенций с непринципиальными ошибками.	50-74	*Хорошо*
Студент демонстрирует освоение только основного материала, при	25-49	*Удовлетворительно*

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	*Неудовлетворительно*

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 Mx, Qx; сечение y - эпюры My, Qy. 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 Mx, Qx; сечение y - эпюры My, Qy, 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)**

Приложение 1

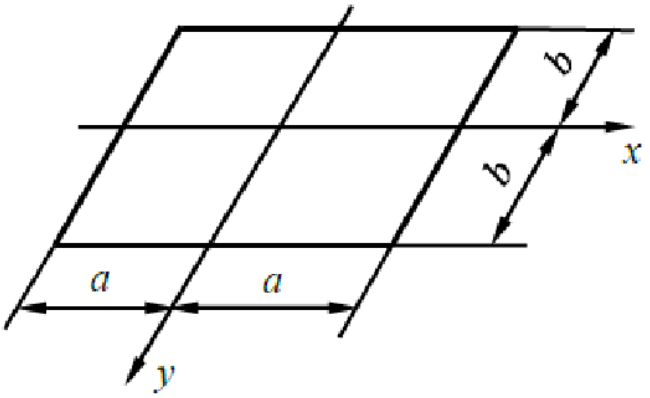

Рисунок 1 – Внешний вид пластины

Приложение 2

Механические характеристики армирующих волокон

Упругие и прочностные характеристики	Вариант			
	1	2	3	4
	Стеклонить	Угленить	Органонить	Бороволокно
$E_{в1}$, ГПа	70-80	300-700	130-140	300-400
$E_{в2}$, ГПа	70-80	9	130-140	300-400
$G_{в12}$, ГПа	24	12	20	100
$\nu_{в12}$	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	≤ 1,0
Продольный коэффициент линейного термического расширения $\alpha_{в1} \cdot 10^6\, 1/°C$	5-10	-0,5	2-3	7
Поперечный КЛТР $\alpha_{в2} \cdot 10^6\, 1/°C$	5-10	5	2-3	7
Плотность $\rho_в$, г/см^3	2,45-2,55	1,7-1,9	1,44	2,7

Приложение 3

Методические указания к расчету пластины

На основе гипотез технической теории расчёта пластин получим, что все неизвестные перемещения U, V; деформации ξ_x, ξ_y, γ_{xy}; напряжения σ_x, σ_y, τ_{xy}, τ_{zy}, τ_{zx} будут выражены через прогиб – $W(x, y)$. Его находим из решения дифференциального уравнения равновесия пластины при изгибе (уравнение Софи Жермен):

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

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 нормалями x и y соответственно:

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

б) интенсивность поперечных сил:

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

в) интенсивность крутящего момента:

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

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 $x = 0$, $W = 0$

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

- смешанная группа;

2. При $x = a$, $W = 0$

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

- смешанная группа;

3. При $y = b$, $M_y = 0$

$$\alpha_y = \frac{\partial W}{\partial y} \tag{3.7}$$

- кинематическая группа;

4. При $y = b$, $M_y = 0$

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

- 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	Магниевый сплав
$E_м$, ГПа	2,1-4,6	2,8-4,2	2,8-4,1	2,8-4,6	2	4	70	40
$G_м$, ГПА	1,0-1,9	0,8-1,5	1,1-1,6	1,0-1,4	-	-	-	-
$\nu_м$	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, $\overline{\sigma}^{+}_{м1}$, МПа	42-70	28-91	33-86	42-63	25-40	100	100-480	120-200
Прочность при сжатии, $\overline{\sigma}^{-}_{м1}$, МПа	-	-	-	-	-	114	-	-
Прочность при сдвиге, $\overline{\tau}_{м12}$, МПа	-	-	-	-	-	-	-	-
КЛТР $\alpha_м \cdot 10^6$ $1/°C$	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 $\rho_в$, г/см^3	1,2	1,2	1,2	1,2	0,9-0,91	1,2	2,7	1,7

Приложение 5

ХАРАКТЕРИСТИКИ ОСНОВНЫХ ВИДОВ ТКАННЫХ АРМИРУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ

Природа, марка, тип материала	Тип переплетения	Поверхностная плотность m, кг/м^2	Толщина h, мм	Плотность укладки		Средняя прочность $\bar{\sigma}$*, ГПа		Разрывная нагрузка при растяжении, кг		Относительная деформация e, %
				основа	уток	основа	уток	основа	уток	
1 Стеклянные										
1.1 Ткани										
- марка Т - марка А - марка Э - марка ТСФ - марка ТСУ, ТУ, ТС - марка МТТС	сатин 8/3 сатин 5/3 полотно полотно - - полотно сатин 8/3 трехмер.	0,29 0,37-0,39 0,29-0,31 0,07-0,11 0,03-0,105 0,25-0,65 0,29-0,3 0,32 2,1	0,23÷0,25 0,3 0,27-0,29 0,06-0,1 0,025-0,1 0,33 0,26-0,47 0,27 2,2	187 229÷238 173 34-54 200-360 160-200 144-170 134 -	104 135÷140 108÷10 27-54 200-320 90-150 104-144 179 -	0,48 0,27÷0,39 0,28-0,03 0,2÷0,24 - - 0,13-0,22 0,33 0,25	0,28 0,14-0,23 0,19-,024 0,17-0,24 - - 0,13-0,22 0,43 0,18	160-175 160-175 160-175 28 10-30 120-300 - - -	85-115 85-115 85-115 20 7-30 80-150 - - -	- - - - - - - - -
1.2 Сетка из крученых нитей										
-марка ССЭ, ССТЭ -марка РС -марка ССХ	- - -	0,04-0,24 0,12-0,25 0,35	0,025-0,06 - -	160-134 40-70 50	90-150 50-70 50	- - -	- - -	10-110 50-100 180	3-100 11-80 170	- - -
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 -марка Торнел -марка Геркулес -марка Файберайт -марка Рейксил	сатин полотно сатин сатин 8/3 полотно сатин полотно	0,28-0,51 0,193 0,37 0,356 0,128 0,186 0,194	0,38-0,7 0,27 0,39 0,43 0,18 0,25 0,25	860-1600 1250 430 - - -	820-1480 - - - - - -	- - - - - - -	- - - - - - -	116-220 - - - - - -	108-236 - - - - - -	- - - - - - -
4. Высокосиликатные. -из пряжи 82 -пряжи 84	 сатин 8/3 сатин 8/3	 0,35 0,63	 0,33 0,66	 - 200	 - 160	- -	- -	 13,3 31,1	 11,1 20	- -
5. Кварцевые ткани -из пряжи 581 -из пряжи 570	сатин 8/3 сатин 8/3	0,28 0,66	0,28 0,69	220 150	210 90	- -	- -	82,3 213,5	75,6 177,9	- -
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 -средние -тяжелые	Полотно Саржа Сатин	0,15 до 0,3 более 0,3	- - -	2,5-3,8* 2-3,8 1	2,4-3,6* 1,6 0,48	- 2,4 -	- 35-120 -	34-40 32-40 800	23-40 - 134	- - -

*** - число нитей на 10 см**

Приложение 6

Основные технологические процессы формообразования изделий из ВПКМ

Технологический процесс	Применение
контактное формование: • ручная выкладка	Применяется для изготовления крупногабаритных малонагруженных деталей сложной конфигурации: коробчатых кожухов механизмов, баков, корпусов и других элементов лодок, катеров и пр.
• 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.
• напыление	Наполнитель дозируют вместе со связующим непосредственно в форму, после чего выложенную композицию прикатывают роликом
VARI инжекция 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 вакуумировования 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 инжекция 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-

	кроенного наполнителя и термореактивной композиции в виде пленки; подготавливается технологический пакет; в зависимости от требований к конечному продукту проводится формование либо в условиях разрежения в печи, либо при избыточном давлении в автоклаве.
вакуумная инфузия VARTM	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 формующая оснастка и наполнитель, с помощью вакуумного насоса. В результате возникновения градиента давлений связующее из емкости поступает в формующую полость и равномерно пропитывает находящийся там сухой армирующий материал.

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