**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 | *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.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 МиТМ (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)**

**Приложение 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 | 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, $\bar{\sigma}^{+}_{м1}$, МПа | 42-70 | 28-91 | 33-86 | 42-63 | 25-40 | 100 | 100-480 | 120-200 |
| Прочность при сжатии, $\bar{\sigma}^{-}_{м1}$, МПа | - | - | - | - | - | 114 | - | - |
| Прочность при сдвиге, $\bar{\tau}_{м12}$, 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 2**

## 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<br>- марка А<br>- марка Э<br>- марка ТСФ<br>- марка ТСУ, ТУ, ТС<br>- марка МТТС | сатин 8/3<br>сатин 5/3<br>полотно<br>полотно<br>-<br>-<br>полотно<br>сатин 8/3<br>трехмер. | 0,29<br>0,37-0,39<br>0,29-0,31<br>0,07-0,11<br>0,03-0,105<br>0,25-0,65<br>0,29-0,3<br>0,32<br>2,1 | 0,23÷0,25<br>0,3<br>0,27-0,29<br>0,06-0,1<br>0,025-0,1<br>0,33<br>0,26-0,47<br>0,27<br>2,2 | 187<br>229÷238<br>173<br>34-54<br>200-360<br>160-200<br>144-170<br>134<br>- | 104<br>135÷140<br>108÷10<br>27-54<br>200-320<br>90-150<br>104-144<br>179<br>- | 0,48<br>0,27÷0,39<br>0,28-0,03<br>0,2÷0,24<br>-<br>-<br>0,13-0,22<br>0,33<br>0,25 | 0,28<br>0,14-0,23<br>0,19-,024<br>0,17-0,24<br>-<br>-<br>0,13-0,22<br>0,43<br>0,18 | 160-175<br>160-175<br>160-175<br>28<br>10-30<br>120-300<br>-<br>-<br>- | 85-115<br>85-115<br>85-115<br>20<br>7-30<br>80-150<br>-<br>-<br>- | -<br>-<br>-<br>-<br>-<br>-<br>-<br>-<br>- |
| 1.2 Сетка из крученых нитей | | | | | | | | | | |
| -марка ССЭ, ССТЭ<br>-марка РС<br>-марка ССХ | -<br>-<br>- | 0,04-0,24<br>0,12-0,25<br>0,35 | 0,025-0,06<br>-<br>- | 160-134<br>40-70<br>50 | 90-150<br>50-70<br>50 | -<br>-<br>- | -<br>-<br>- | 10-110<br>50-100<br>180 | 3-100<br>11-80<br>170 | -<br>-<br>- |
| 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<br>2.1 -марка СВМ | полотно<br>рогожка 2/2<br>сатин 8/3 | 0,11<br>0,11-0,18<br>0,16 | 0,13-0,45<br>0,2-0,35<br>0,4 | 26,5-142<br>43-59<br>75 | 30-142<br>44-74<br>69 | 0,24-0,39<br>0,26<br>0,26 | 0,27-0,39<br>0,26-0,31<br>0,21 | -<br>-<br>- | -<br>-<br>- | 9-14<br>10-11<br>9-12 |
| 2.2 Кевлар 49 | полотно<br>сатин<br>саржа 3/1 | 0,21-0,23<br>0,17<br>0,17-0,19 | 0,11-0,33<br>0,254<br>0,25-0,33 | 170-340<br>500<br>170-1000 | 170-340<br>500<br>170-200 | 0,44-1,2<br>1,23<br>1,14-2,3 | 0,44-1,2<br>1,23<br>0,22-0,52 | -<br>-<br>- | -<br>-<br>- | -<br>-<br>- |
| 2.3 Лента | - | 0,17 | 0,35 | 168 | 23,7 | 71 | - | - | 75 | - |
| 3. Углеродные | | | | | | | | | | |
| 3.1 Ткани из пряж<br>-марка Торнел<br>-марка Геркулес<br>-марка Файберайт<br>-марка Рейксил | сатин<br>полотно<br>сатин<br>сатин 8/3<br>полотно<br>сатин<br>полотно | 0,28-0,51<br>0,193<br>0,37<br>0,356<br>0,128<br>0,186<br>0,194 | 0,38-0,7<br>0,27<br>0,39<br>0,43<br>0,18<br>0,25<br>0,25 | 860-1600<br>1250<br>430<br>-<br>-<br>- | 820-1480<br>-<br>-<br>-<br>-<br>-<br>- | -<br>-<br>-<br>-<br>-<br>-<br>- | -<br>-<br>-<br>-<br>-<br>-<br>- | 116-220<br>-<br>-<br>-<br>-<br>-<br>- | 108-236<br>-<br>-<br>-<br>-<br>-<br>- | -<br>-<br>-<br>-<br>-<br>-<br>- |
| 4. Высокосиликатные.<br>-из пряжи 82<br>-пряжи 84 | <br><br>сатин 8/3<br>сатин 8/3 | <br><br>0,35<br>0,63 | <br><br>0,33<br>0,66 | <br><br>-<br>200 | <br><br>-<br>160 | -<br>-<br> | -<br>-<br> | <br><br>13,3<br>31,1 | <br><br>11,1<br>20 | -<br>-<br> |
| 5. Кварцевые ткани<br>-из пряжи 581<br>-из пряжи 570 | сатин 8/3<br>сатин 8/3 | 0,28<br>0,66 | 0,28<br>0,69 | 220<br>150 | 210<br>90 | -<br>- | -<br>- | 82,3<br>213,5 | 75,6<br>177,9 | -<br>- |
| 6. Асбестовые ткани<br>-марки АГ<br>(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<br>-легкие<br>-средние<br>-тяжелые | Полотно<br>Саржа<br>Сатин | 0,15<br>до 0,3<br>более 0,3 | -<br>-<br>- | 2,5-3,8*<br>2-3,8<br>1 | 2,4-3,6*<br>1,6<br>0,48 | -<br>2,4<br>- | -<br>35-120<br>- | 34-40<br>32-40<br>800 | 23-40<br>-<br>134 | -<br>-<br>- |

*** - число нитей на 10 см**

**Приложение 3**

## Основные технологические процессы формообразования изделий из ВПКМ

| Технологический процесс | Применение |
|---|---|
| **контактное формование:**<br>• 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:**<br>вакуумное<br>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:**<br>пропитка под давлением<br>пропитка в вакууме<br>(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;<br><br>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. |
| **намотка:**<br>мокрая | Применяется для изготовления изделий имеющих форму тел вращения и баллонов давления. Намотка осуществляется после пропитки наполнителя непосредственно перед подачей на оправку. |
| сухая | «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. |
| **Пултрузия** | Способ непрерывного получения длинномерных прфильных деталей постоянного сечения из армированных ПКМ, представляет процесс протягивания исходного материала сквозь фильеру, нагретую до температуры полимеризации матрицы ПКМ. |

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