

ПРИЛОЖЕНИЕ А
ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ «Физика поверхности гетерогенных сред»

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

Код контролируемой компетенции	Способ оценивания	Оценочное средство
ПК-1: Способен организовать проведение анализа и анализировать структуру новых материалов, адаптировать методики исследования свойств материалов к потребностям производства и разрабатывать специальные методики	Экзамен	Комплект контролирующих материалов для экзамена
ПК-2: Способен выбирать метод научного исследования, исходя из конкретных задач, организовывать его осуществление и анализировать результаты с использованием современных методов обработки данных, оформлять полученные результаты в виде отчета, научной публикации, доклада, готовить (под руководством) документы к патентованию, оформлению ноу-хау	Экзамен	Комплект контролирующих материалов для экзамена
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

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 «Физика поверхности гетерогенных сред».

При оценивании сформированности компетенций по дисциплине «Физика поверхности гетерогенных сред» 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 выполнении заданий в соответствии с индикаторами достижения компетенций допускает отдельные ошибки, не способен систематизировать материал и делать выводы.	25-49	<i>Удовлетворительно</i>
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. Анализ данных о металлических материалах различного назначения, в том числе наноматериалах, позволяющих установить закономерности взаимосвязи композиционных материалов как гетерогенных систем по природе фаз, форме и характеру их распределения (фазовой структуре) и взаимодействию по границе раздела фаз.

Компетенция	Индикатор достижения компетенции
ПК-1 Способен организовать проведение анализа и анализировать структуру новых материалов, адаптировать методики исследования свойств материалов к потребностям производства и разрабатывать специальные методики	ПК-1.1 Анализирует данные о металлических, неметаллических и композиционных материалах различного назначения, в том числе наноматериалах
	ПК-1.2 Устанавливает закономерности взаимосвязи состава материалов, их структуры и свойств

Приложение 1

Анализ данных о металлических материалах различного назначения, в том числе наноматериалах, позволяющих установить закономерности взаимосвязи композиционных материалов как гетерогенных систем по природе фаз, форме и характеру их распределения (фазовой структуре) и взаимодействию по границе раздела фаз.

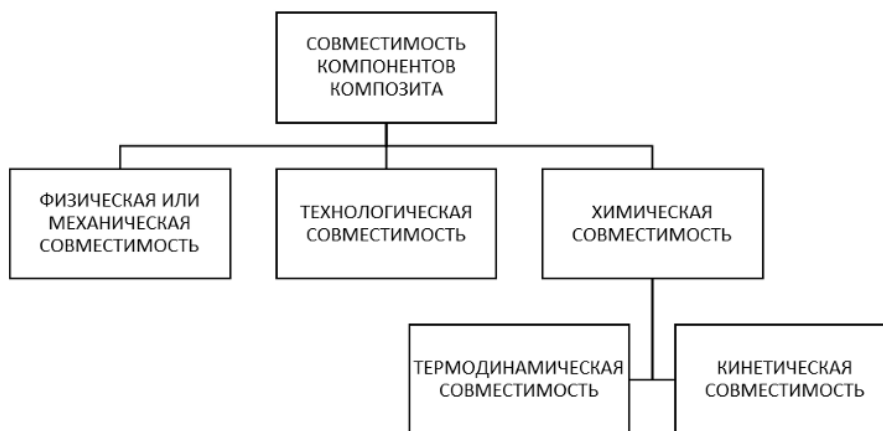
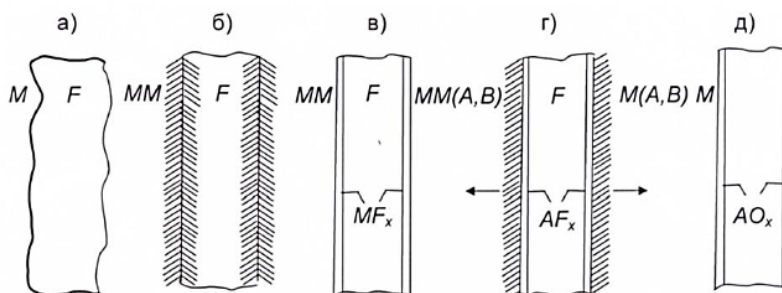


Рисунок 1 Совместимость компонентов композита



М – матрица; F, FOx – соответственно, волокно из простого вещества и оксида; А, В – элементы в матрице

Типы связи в металлокомпозитах:

- а) – механическая;
- б) – адгезионная;
- в) – реакционная;
- г) обменно-реакционная;
- д) – оксидная.

Тип образующейся связи при разных режимах получения композита и характер процессов, протекающих при формировании поверхности раздела:

1. Реализуется, когда армирующий элемент имеет развитую неровную поверхность, а химическое взаимодействие между ним и матрицей отсутствует.
2. Образуется в результате растекания при расплавлении менее тугоплавкого матричного компонента по поверхности более тугоплавкого армирующего компонента, находящегося в твердом состоянии.
3. Связь возникает, если по границе раздела в результате химической реакции образуется новое соединение или твердый раствор;
4. связь может возникнуть в результате последовательности обменных реакций;
5. Термин «??? связь» введен для объединения в одну группу достаточной большого количества композитов, упрочненных окислами, или имеющих компоненты с природными оксидными пленками на поверхности.

2. Анализ данных о неметаллических и композиционных материалах различного назначения, в том числе наноматериалах, позволяющих установить закономерности

взаимосвязи композиционных материалов как гетерогенных систем по природе фаз, форме и характеру их распределения (фазовой структуре) и взаимодействию по границе раздела фаз.

Компетенция	Индикатор достижения компетенции
ПК-1 Способен организовать проведение анализа и анализировать структуру новых материалов, адаптировать методики исследования свойств материалов к потребностям производства и разрабатывать специальные методики	ПК-1.1 Анализирует данные о металлических, неметаллических и композиционных материалах различного назначения, в том числе наноматериалов
	ПК-1.2 Устанавливает закономерности взаимосвязи состава материалов, их структуры и свойств

Приложение 2

Анализ данных о неметаллических и композиционных материалах различного назначения, в том числе наноматериалах, позволяющих установить закономерности взаимосвязи композиционных материалов как гетерогенных систем по природе фаз, форме и характеру их распределения (фазовой структуре) и взаимодействию по границе раздела фаз.

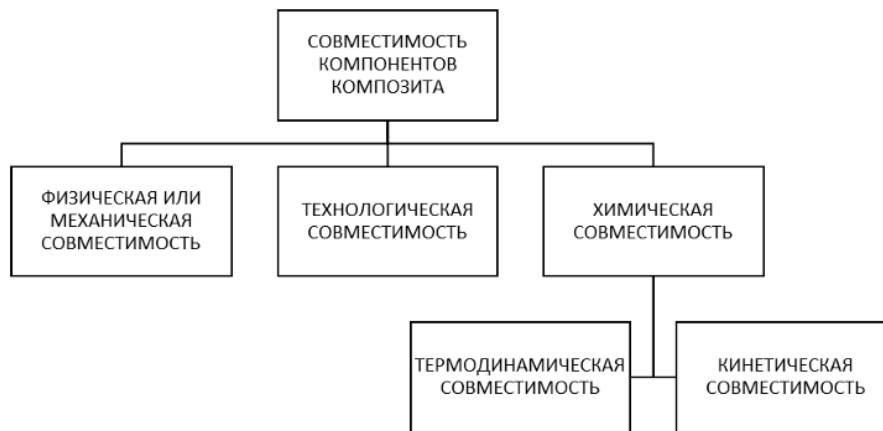
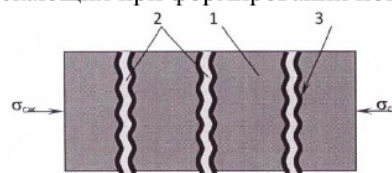


Рисунок 1 Совместимость компонентов композита

От физической и химической совместимости компонентов КМ зависит:

- тип образующейся связи при разных режимах получения композита;
- характер процессов, протекающих при формировании поверхности раздела.



1 – матрица; 2 – волокно; 3 – IP

Рисунок 1

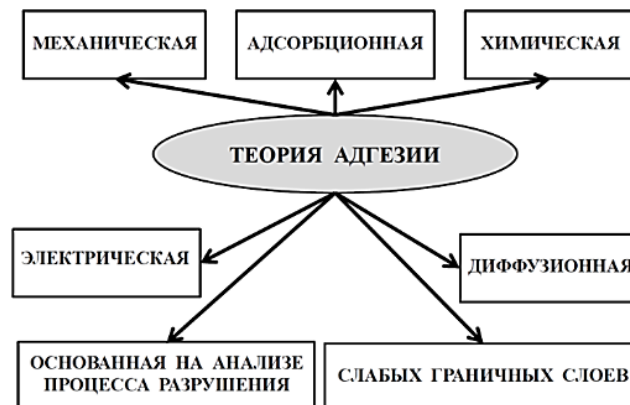


Рисунок 2 Теории адгезии

Тип образующейся связи при разных режимах получения композита и характер процессов, протекающих при формировании поверхности раздела:

1. Адгезия осуществляется за счет затекания адгезива в поры или трещины на поверхности субстрата с последующим затвердеванием.
2. Адгезию как результат взаимодействия между адгезивом и субстратом за счет межмолекулярных сил, то есть как физическую адсорбцию.
3. Адгезия как результат химического взаимодействия компонентов адгезионного соединения.

4. Адгезия рассматривается как возникновение двойного электрического слоя (ДЭС) и его влияние на адгезионную прочность. ДЭС образуется в зоне контакта в результате: наличия донорно-акцепторных связей (разновидность ковалентной связи); предварительной механохимической активации; внешней поляризации хотя бы одного из компонентов.
5. Адгезия обеспечивается посредством диффузии макромолекул или их сегментов через границу раздела «адгезив-субстрат» (путем взаимного растворения) и образования прочной связи между полимерами.
6. Разрушение адгезионного соединения происходит не сразу по всей поверхности. При формировании или нагружении соединения в нем возникают микротрещины, вершины которых выступают в роли концентраторов напряжений. С ростом трещины растет и напряжение в ее вершине. Когда величина напряжения превысит поверхностную энергию разрушения вещества, происходит неуправляемое разрушение соединения.
7. Адгезионное соединение никогда не разрушается по межфазной границе; разрушение происходит когезионно в слабом граничном слое.



Рисунок 3 Примеры разных видов разрушения

3. Выбрать методы измерения адгезии твердых полимеров к твердому телу. Проанализировать результаты испытаний и представить результаты анализа в виде отчета о качестве изделий и конструкций. Использовать современные методики проведения и обработки эксперимента по определению адгезионной прочности материалов. Определить, свойства какого компонента волокнистого композиционного материала (ВКМ) являются определяющими при проектировании материала данной конструкции (наполнитель, матрица, межфазный слой).

Компетенция	Индикатор достижения компетенции
ПК-2 Способен выбирать метод научного исследования, исходя из конкретных задач, организовывать его осуществление и анализировать результаты с использованием современных методов обработки данных, оформлять полученные результаты в виде отчета, научной публикации, доклада, готовить (под руководством) документы к патентованию, оформлению ноу-хау	ПК-2.1 Выбирает методы научного исследования в области материаловедения и технологии материалов
	ПК-2.2 Анализирует результаты научных исследований в области материаловедения и представляет результаты анализа
	ПК-2.3 Использует современные методы проектирования и исследования материалов для обеспечения качества изделий и конструкций

Приложение 3

Выбирать методы измерения адгезии твердых полимеров к твердому телу. Проанализировать результаты испытаний и представить результаты анализа в виде отчета о качестве изделий и конструкций. Использовать современные методики проведения и обработки эксперимента по определению адгезионной прочности материалов. Определить, свойства какого компонента волокнистого композиционного материала (ВКМ) являются определяющими при проектировании материала данной конструкции (наполнитель, матрица, межфазный слой). Приложение К - ГОСТ 9.602-2016.

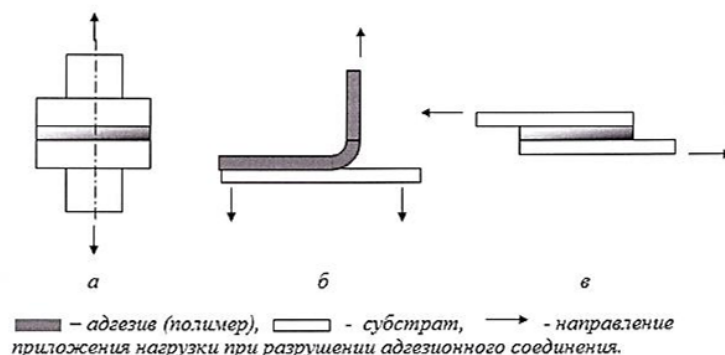


Рисунок 1 Методы определения адгезионной прочности (а - при нормальном отрыве; б - при отслаивании; в - при сдвиге)

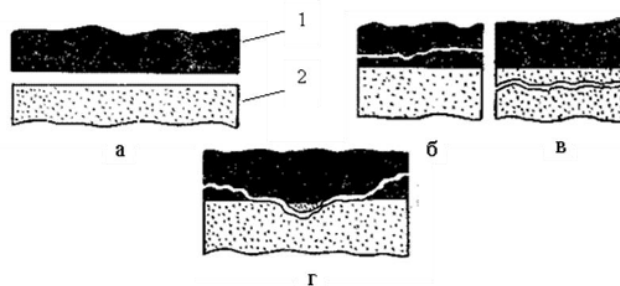


Рисунок 2 Примеры разных видов разрушения: а - адгезионное; б, в - когезионное; г - смешанное;

Образцы для оценки адгезионной прочности на основе:

1.	Арамидные волокна марки "Кевлар-29" + Эпоксидное связующее
2.	Стекланные волокна (алюмоборосиликатное) + Эпоксидное связующее
3.	Углеродные волокна + Эпоксидное связующее
4.	Арамидные волокна марки "Кевлар-29" + Фенолформальдегидное связующее
5.	Стекланные волокна (алюмоборосиликатное) + Фенолформальдегидное связующее
6.	Углеродные волокна + Фенолформальдегидное связующее
7.	Арамидные волокна марки "Кевлар-29" + Полиэфирное связующее
8.	Стекланные волокна (алюмоборосиликатное) + Полиэфирное связующее
9.	Углеродные волокна + Полиэфирное связующее

4. Выбрать методы измерения адгезии твердых полимеров к твердому телу. Проанализировать результаты испытаний и представить результаты анализа в виде отчета о качестве изделий и конструкций. Использовать современные методики проведения и обработки эксперимента по определению адгезионной прочности материалов. Определить, свойства какого компонента волокнистого композиционного материала (ВКМ) являются определяющими при проектировании материала данной конструкции (наполнитель, матрица, межфазный слой). Приложение К - ГОСТ 9.602-2016.

Компетенция	Индикатор достижения компетенции
ПК-2 Способен выбирать метод научного исследования, исходя из конкретных задач, организовывать его осуществление и анализировать результаты с использованием современных методов обработки данных, оформлять полученные результаты в виде отчета, научной публикации, доклада, готовить (под руководством) документы к патентованию, оформлению ноу-хау	ПК-2.1 Выбирает методы научного исследования в области материаловедения и технологии материалов
	ПК-2.2 Анализирует результаты научных исследований в области материаловедения и представляет результаты анализа
	ПК-2.3 Использует современные методы проектирования и исследования материалов для обеспечения качества изделий и конструкций
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

Приложение 4

Выбирать методы измерения адгезии твердых полимеров к твердому телу. Проанализировать результаты испытаний и представить результаты анализа в виде отчета о качестве изделий и конструкций. Использовать современные методики проведения и обработки эксперимента по определению адгезионной прочности материалов. Определить, свойства какого компонента волокнистого композиционного материала (ВКМ) являются определяющими при проектировании материала данной конструкции (наполнитель, матрица, межфазный слой). Приложение К - ГОСТ 9.602-2016.

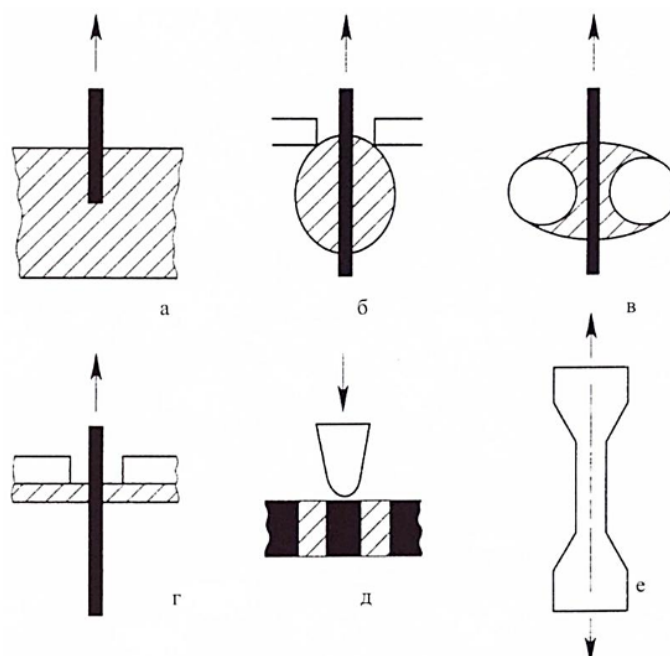


Рисунок 1 Схемы микромеханических методов определения адгезии полимеров к волокнам, где 1. Вытягиванием моноволокна: а – из блока; б – из капли; г – из пленки; 2. Методом «трех волокон» (в); 3. Микровыталкиванием (д); 4. Методом фрагментации (е).

Методика проведения и обработки эксперимента по определению адгезионной прочности вытягиванием моноволокна

• Все волокна делятся на три группы:

□ «толстые» - диаметром более 100 мкм;

□ «средние» – диаметром 40-100 мкм;

□ «тонкие» - диаметром 7-40 мкм.

• Расчетные формулы:

□ Площадь контакта $S = \pi dl$, где: d и l – соответственно, диаметр и рабочая длина волокна;

□ Адгезионная сдвиговая прочность $\tau_i = F_i / S_i$, где: F_i и S_i – соответствующие значения силы выдергивания волокна и площади контакта;

□ Среднее значение адгезионной сдвиговой прочности равно:

$$\bar{\tau} = \frac{1}{n_i} \sum_{i=1}^{n_i} \tau_i$$

□ В опытах с конкурирующими процессами разрушения в качестве характеристики адгезионной прочности используют значение τ_0 :

$$\tau_i = \bar{\tau} + \Delta\tau$$

где: $\Delta\tau$ – поправка связанная с наличием соединений, разрушившихся когезионно по волокну.

• Для корректной оценки адгезионной прочности целесообразно иметь соединения достаточной площади $l/d \geq 10-20$.

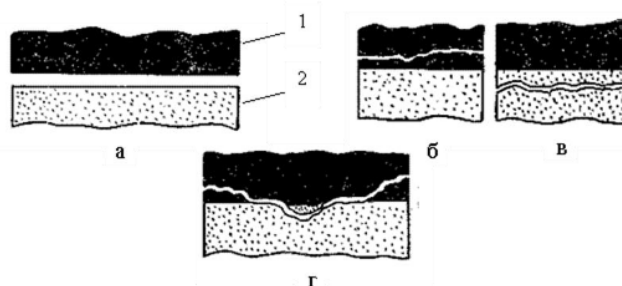


Рисунок 2 Примеры разных видов разрушения: а – адгезионное; б, в – когезионное; г – смешанное;

Образцы для оценки адгезионной прочности на основе:

1.	Арамидные волокна марки "Кевлар-29" + Эпоксидное связующее
2.	Стекланные волокна (алюмоборосиликатное) + Эпоксидное связующее
3.	Углеродные волокна + Эпоксидное связующее
4.	Арамидные волокна марки "Кевлар-29" + Фенолформальдегидное связующее
5.	Стекланные волокна (алюмоборосиликатное) + Фенолформальдегидное связующее
6.	Углеродные волокна + Фенолформальдегидное связующее
7.	Арамидные волокна марки "Кевлар-29" + Полиэфирное связующее
8.	Стекланные волокна (алюмоборосиликатное) + Полиэфирное связующее
9.	Углеродные волокна + Полиэфирное связующее

5. Выбрать методы измерения адгезии твердых полимеров к твердому телу. Проанализировать результаты испытаний и представить результаты анализа в виде отчета о качестве изделий и конструкций. Использовать современные методики проведения и обработки эксперимента по определению адгезионной прочности материалов. Определить, свойства какого компонента металлического композиционного материала являются определяющими при проектировании материала и изделия на его основе (наполнитель, матрица, межфазный слой).

Компетенция	Индикатор достижения компетенции
ПК-2 Способен выбирать метод научного исследования, исходя из конкретных задач, организовывать его осуществление и анализировать результаты с использованием современных методов обработки данных, оформлять полученные результаты в виде отчета, научной публикации, доклада, готовить (под руководством) документы к патентованию, оформлению ноу-хау	ПК-2.1 Выбирает методы научного исследования в области материаловедения и технологии материалов
	ПК-2.2 Анализирует результаты научных исследований в области материаловедения и представляет результаты анализа
	ПК-2.3 Использует современные методы проектирования и исследования материалов для обеспечения качества изделий и конструкций
ПК-3 Способен обоснованно (осмысленно) использовать знания основных типов неметаллических и композиционных материалов различного назначения, в том числе наноматериалов для решения профессиональных задач	ПК-3.2 Разрабатывает рекомендации по составу и способам обработки конструкционных композиционных и иных материалов и технологии их модификации и упрочнения

Выбирать методы измерения адгезии твердых полимеров к твердому телу. Проанализировать результаты испытаний и представить результаты анализа в виде отчета о качестве изделий и конструкций. Использовать современные методики проведения и обработки эксперимента по определению адгезионной прочности материалов. Определить, свойства какого компонента металлического композиционного материала являются определяющими при проектировании материала и изделия на его основе (наполнитель, матрица, межфазный слой).

Методы количественной оценки физико-химического взаимодействия и длительности образования прочной связи между компонентами композитов принято разделять на:



Длительность контакта компонентов при получении КМ:

- 1 – должна обеспечивать образование прочных связей;
- 2 – не должна приводить к интенсивному химическому взаимодействию.

Для случая, когда в контакте находятся твердая (наполнитель) и жидкая (матрица) фазы, оптимальная длительность их контакта t_k определяется из условия:

$$t_{опр} < t_k < t_p + t_d + t_z,$$

где: $t_{опр}$ – длительность необходимая для возникновения прочных связей по всей поверхности раздела компонентов; t_p – длительность инкубационного периода (ретардации) гетеродиффузии; t_d – длительность гетеродиффузии необходимую для образования зародышей промежуточной фазы; t_z – длительность образования зародышей промежуточной фазы, способных к росту.

На практике оптимальная длительность контактирования t_k определяется из условия равенства $t_k = t_p$. Для оценки величины t в случае неподвижной межфазной границы часто используют уравнение:

$$t_p = t_0 \exp \left[\frac{e(E_m + E_{ж})}{2kT} \right]$$

где t_0 – постоянная времени, обратно пропорциональная частоте собственных колебаний атомов; E_m и $E_{ж}$ – энергия активации диффузии соответственно в твердой и жидкой фазах.

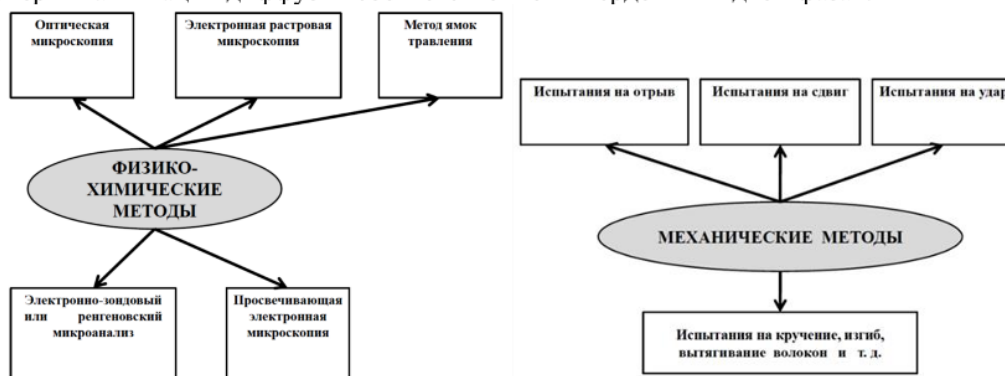


Рисунок 1 Методы оценки состояния поверхности раздела компонентов в металлических композиционных материалах: – физико-химические методы; – механические методы оценки

Образцы для оценки адгезионной прочности на основе:

1. Композит из чистой меди, армированной волокнами вольфрама
2. Композит алюминий - волокна бора
3. Композит Алюминий – нержавеющая сталь
4. Композит Алюминиевый расплав–графитовые волокна

6. Установить связь состава, структуры и свойств материалов, в том числе наноматериалов, с технологическими и эксплуатационными свойствами. Разработать рекомендации по составу и способам обработки конструкционных композиционных и иных материалов и технологии их модификации и упрочнения, исходя из понимания адсорбционных процессов на поверхности твердых тел.

Компетенция	Индикатор достижения компетенции
ПК-1 Способен организовать проведение анализа и анализировать структуру новых материалов, адаптировать методики исследования свойств материалов к потребностям производства и разрабатывать специальные методики	ПК-1.1 Анализирует данные о металлических, неметаллических и композиционных материалах различного назначения, в том числе наноматериалов
	ПК-1.2 Устанавливает закономерности взаимосвязи состава материалов, их структуры и свойств
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

Приложение 6

Установить связь состава, структуры и свойств материалов, в том числе наноматериалов, с технологическими и эксплуатационными свойствами. Разработать рекомендации по составу и способам обработки конструкционных композиционных и иных материалов и технологии их модификации и упрочнения, исходя из понимания адсорбционных процессов на поверхности твердых тел.

Задание 1

Рассчитать величины адсорбции кислорода на цинксulfидном люминофоре, имея следующие данные:

$$P_0 = 0,572 \text{ мм рт. ст.};$$

$$T_k = 26,8 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$V_{\text{изм.ч}} = 520,4 \text{ см}^3;$$

$$m = 1 \text{ г};$$

$$V_{\text{реак.к}} = 102,1 \text{ см}^3;$$

$$S = 0,3 \text{ м}^2/\text{г};$$

$$V_{p \text{ к при } T_{\text{оп}}} = 15,9 \text{ см}^3;$$

P_0 – начальное давление кислорода в измерительной части (мм рт. ст.), P – равновесное давление (мм рт. ст.);

$V_{\text{изм.ч}}$ – объем измерительной части;

$V_{\text{реак.к}}$ – общий объем реакционной колбы;

$V_{\text{реак.ч при } T_{\text{оп}}}$ – объем реакционной колбы при $T_{\text{оп}}$;

m – масса адсорбента;

S – удельная поверхность адсорбента.

По полученным данным построить изобару адсорбции. Провести её анализ.

№ п/п	$T, \text{ }^\circ\text{C}$	P	№ п/п	$T, \text{ }^\circ\text{C}$	P
1	26,8	0.471	6	250	0.472
2	50	0.470	7	300	0.472
3	100	0.471	8	350	0.470
4	150	0.472	9	400	0.467
5	200	0.470			

Задание 2

Изучение адсорбции водорода на сульфиде цинка проводилось объемным методом. Рассчитать величину адсорбции при разных температурах, имея следующие данные:

$$P_0 = 1,406 \text{ мм рт. ст.};$$

$$T_k = 22,8 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$V_{\text{изм.ч}} = 393,6 \text{ см}^3;$$

$$V_{\text{к.к}} = 79,85 \text{ см}^3;$$

$$V_{\text{реак. при } T_{\text{оп}}} = 34,3 \text{ см}^3;$$

$$V_{\text{лов}} = 8 \text{ см}^3;$$

$$m = 2 \text{ г};$$

$$S = 1,0 \text{ м}^2/\text{г}.$$

№ п/п	$T_{\text{оп}}$ °C	Равновесное давление, $P_{\text{равн}}$	№ п/п	$T_{\text{оп}}$ °C	Равновесное давление, $P_{\text{равн}}$
1	-150	0.860	7	26.5	0.957
2	-120	0.906	8	60	0.962
3	-90	0.927	9	90	0.967
4	-60	0.940	10	120	0.968
5	-30	0.956	11	150	0.978
6	0	0.965	12	180	0.978

По полученным данным построить изобару адсорбции, провести ее анализ.

Задание 3

Изучение адсорбции водорода на сульфиде цинка проводилось объемным методом на вакуумной установке. Рассчитать величину адсорбции, имея следующие данные:

$$P_0 = 0,747 \text{ мм рт. ст.};$$

$$T_k = 22,8 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$V_{\text{изм. ч}} = 393,6 \text{ см}^3;$$

$$V_{\text{реак. к}} = 79,85 \text{ см}^3;$$

$$V_{\text{р.ч при } T_{\text{оп}}} = 34,3 \text{ см}^3;$$

$$V_{\text{лов}} = 8 \text{ см}^3;$$

$$m = 2 \text{ г};$$

$$S = 1,0 \text{ м}^2/\text{г}.$$

№ п/п	$T_{\text{оп}}$ °C	Равновесное давление, $P_{\text{равн}}$	№ п/п	$T_{\text{оп}}$ °C	Равновесное давление, $P_{\text{равн}}$
1	-150	0.504	7	23.5	0.554
2	-120	0.518	8	60	0.559
3	-90	0.531	9	90	0.555
4	-60	0.540	10	120	0.563
5	-30	0.549	11	150	0.564
6	0	0.554	12	180	0.565

По полученным данным построить изобару адсорбции, провести ее анализ.

Задание 4

Изучение адсорбции водорода на сульфиде цинка проводилось объемным методом. Рассчитать величину адсорбции, имея следующие данные:

$$P_0 = 0,896 \text{ мм рт. ст.};$$

$$T_k = 20,7 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$V_{\text{изм. ч}} = 393,6 \text{ см}^3;$$

$$V_{\text{реак. к}} = 79,85 \text{ см}^3;$$

$$V_{\text{реак. ч при } T_{\text{оп}}} = 34,3 \text{ см}^3;$$

$$V_{\text{лов}} = 8 \text{ см}^3;$$

$$m = 2 \text{ г};$$

$$S = 1,0 \text{ м}^2/\text{г}.$$

№ п/п	$T_{оп}$ °C	Равновесное давление, $P_{равн}$	№ п/п	$T_{оп}$ °C	Равновесное давление, $P_{равн}$
1	-150	0.578	7	24	0.675
2	-120	0.615	8	60	0.678
3	-90	0.638	9	90	0.679
4	-60	0.644	10	120	0.681
5	-30	0.664	11	150	0.682
6	0	0.667	12	180	0.683

По полученным расчетным данным построить изобару адсорбции.

Задание 5

Изучение адсорбции водорода на сульфиде цинка проводилось объемным вакуумным методом. Рассчитать величину адсорбции при разных температурах (см. таблицу), имея следующие данные:

$$P_0 = 1,223 \text{ мм рт. ст.};$$

$$T_k = 24,5 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$V_{изм.ч} = 393,6 \text{ см}^3;$$

$$V_{реак.к} = 79,85 \text{ см}^3;$$

$$V_{р.к \text{ при } T_{оп}} = 34,3 \text{ см}^3;$$

$$V_{лов} = 8 \text{ см}^3;$$

$$m = 2 \text{ г};$$

$$S = 1,0 \text{ м}^2/\text{г}.$$

№ п/п	$T_{оп}$ °C	Равновесное давление, $P_{равн}$	№ п/п	$T_{оп}$ °C	Равновесное давление, $P_{равн}$
1	-150	0.822	7	24	0.909
2	-120	0.856	8	60	0.909
3	-90	0.860	9	90	0.916
4	-60	0.870	10	120	0.919
5	-30	0.902	11	150	0.925
6	0	0.904	12	180	0.928

По полученным расчетным данным построить изобару адсорбции.

Задание 6

Изучение адсорбции водорода на сульфиде цинка проводилось объемным (вольмометрическим) методом. Рассчитать величину адсорбции при разных температурах (см. таблицу), имея следующие данные:

$$P_0 = 1,333 \text{ мм рт. ст.};$$

$$T_k = 25,0 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$V_{изм.ч} = 393,6 \text{ см}^3;$$

$$V_{реак.к} = 79,85 \text{ см}^3;$$

$$V_{реак.к \text{ при } T_{оп}} = 34,3 \text{ см}^3;$$

$$V_{лов} = 8 \text{ см}^3;$$

$$m = 2 \text{ г};$$

$$S = 1,0 \text{ м}^2/\text{г}.$$

№ п/п	$T_{\text{оп}}$ °C	Равновесное давление, $P_{\text{равн}}$	№ п/п	$T_{\text{оп}}$ °C	Равновесное давление, $P_{\text{равн}}$
1	-150	0.892	7	24	0.992
2	-120	0.924	8	60	0.993
3	-90	0.949	9	90	0.996
4	-60	0.966	10	120	1.004
5	-30	0.979	11	150	1.012
6	0	0.989	12	180	1.017

Полученные данные использовать для построения изобары адсорбции.

Задание 7

Изучение адсорбции водорода на ZnSCu проводилось волюмометрическим методом. Рассчитать величину адсорбции при разных температурах (см. таблицу), имея следующие данные:

$$P_o = 0,735 \text{ мм рт. ст.};$$

$$T_k = 18,5 \text{ °C};$$

$$V_{\text{изм.ч}} = 393,6 \text{ см}^3;$$

$$V_{\text{реак.к}} = 79,85 \text{ см}^3;$$

$$V_{\text{реак.ч при } T_{\text{оп}}} = 34,3 \text{ см}^3;$$

$$V_{\text{лов}} = 8 \text{ см}^3;$$

$$m = 2 \text{ г};$$

$$S = 1,0 \text{ м}^2/\text{г}.$$

№ п/п	$T_{\text{оп}}$ °C	Равновесное давление, $P_{\text{равн}}$	№ п/п	$T_{\text{оп}}$ °C	Равновесное давление, $P_{\text{равн}}$
1	-150	0.506	7	21	0.555
2	-120	0.522	8	60	0.557
3	-90	0.531	9	90	0.559
4	-60	0.537	10	120	0.561
5	-30	0.544	11	150	0.563
6	0	0.550	12	180	0.565

Полученные данные использовать для построения изобары адсорбции.

Задание 8

Изучение адсорбции водорода на ZnSCu проводилось объемным вакуумным методом. Рассчитать величину адсорбции при разных температурах (см. таблицу), имея следующие данные:

$$P_o = 0,890 \text{ мм рт. ст.};$$

$$T_k = 18,1 \text{ °C};$$

$$V_{\text{изм.ч}} = 393,6 \text{ см}^3;$$

$$V_{\text{реак.к}} = 79,85 \text{ см}^3;$$

$$V_{\text{реак.ч при } T_{\text{оп}}} = 34,3 \text{ см}^3;$$

$$V_{\text{лов}} = 8 \text{ см}^3;$$

$$m = 2 \text{ г};$$

$$S = 1,0 \text{ м}^2/\text{г}.$$

№ п/п	$T_{оп}$, °C	Равновесное давление, $P_{равн}$	№ п/п	$T_{оп}$, °C	Равновесное давление, $P_{равн}$
1	-150	0.608	7	20	0.666
2	-120	0.627	8	60	0.672
3	-90	0.637	9	90	0.675
4	-60	0.645	10	120	0.678
5	-30	0.653	11	150	0.680
6	0	0.661	12	180	0.682

Полученные данные использовать для построения изобары адсорбции.

Задание 9

Изучение адсорбции водорода на ZnSCu проводилось объемным вакуумным методом. Рассчитать величину адсорбции при разных температурах (см. таблицу), имея следующие данные:

$$P_0 = 1,22 \text{ мм рт. ст.};$$

$$T_k = 19,9 \text{ °C};$$

$$V_{изм.ч} = 393,6 \text{ см}^3;$$

$$V_{реак.к} = 79,85 \text{ см}^3;$$

$$V_{реак.к при T_{оп}} = 34,3 \text{ см}^3;$$

$$V_{лов} = 8 \text{ см}^3;$$

$$m = 2 \text{ г};$$

$$S = 1,0 \text{ м}^2/\text{г}.$$

№ п/п	$T_{оп}$, °C	Равновесное давление, $P_{равн}$	№ п/п	$T_{оп}$, °C	Равновесное давление, $P_{равн}$
1	-150	0.828	7	21	0.913
2	-120	0.854	8	60	0.921
3	-90	0.871	9	90	0.926
4	-60	0.883	10	120	0.930
5	-30	0.895	11	150	0.928
6	0	0.906	12	180	0.997

Полученные данные использовать для построения изобары адсорбции.

Задание 10

Изучение адсорбции водорода на ZnSCu проводилось объемным вакуумным методом. Рассчитать величину адсорбции при разных температурах (см. таблицу), имея следующие данные:

$$P_0 = 1,316 \text{ мм рт. ст.};$$

$$T_k = 26,1 \text{ °C};$$

$$V_{изм.ч} = 393,6 \text{ см}^3;$$

$$V_{реак.к} = 79,85 \text{ см}^3;$$

$$V_{р.к при T_{оп}} = 34,3 \text{ см}^3;$$

$$V_{лов} = 8 \text{ см}^3;$$

$$m = 2 \text{ г};$$

$$S = 1,0 \text{ м}^2/\text{г}.$$

№ п/п	$T_{\text{оп}}$ °С	Равновесное давление, $P_{\text{равн}}$	№ п/п	$T_{\text{оп}}$ °С	Равновесное давление, $P_{\text{равн}}$
1	-150	0.889	7	26	0.980
2	-120	0.918	8	60	0.989
3	-90	0.937	9	90	0.993
4	-60	0.948	10	120	0.997
5	-30	0.960	11	150	1.002
6	0	0.966	12	180	1.005

Полученные данные использовать для построения изобары адсорбции.

Задание 11

Рассчитать величину адсорбции бензола на хроматоне и построить изотерму адсорбции в координатах (a моль/м - P/P_s), имея следующие данные:

$$T_{\text{оп}} = 289 \text{ K};$$

$$P_s \text{ бензола} = 61,55 \text{ мм рт. ст.};$$

$$N_0 = 364,58 \text{ мм};$$

$$f = 3,15 \text{ мг/мм};$$

$$m \text{ (масса адсорбента)} = 38,8 \text{ мг};$$

$$S_{\text{уд}} = 1 \text{ м}^2/\text{г}.$$

T – температура опыта;

P_s – давление насыщенного пара бензола при температуре опыта;

P/P_s – относительное давление пара адсорбата - бензола;

N_0 – начальное показание катетометра;

N – показания катетометра при адсорбционном равновесии;

$$\Delta N = N_0 - N;$$

M – навеска адсорбента;

S – удельная поверхность адсорбента.

P , мм рт. ст.	N , мм	ΔN	P/P_*
2	364.55	0.03	0.033
5	364.53	0.05	0.081
14	364.48	0.10	0.227
20	364.45	0.13	0.325
30	364.43	0.15	0.487
40	364.42	0.16	0.650
46	364.42	0.16	0.750
55	364.41	0.17	0.894
58	364.40	0.18	0.942
61	364.38	0.20	0.990
61.55	364.37	0.21	1.000
61.55	364.37	0.21	1.000
61.55	364.25	0.33	1.000

Задание 12

Используя исходные данные и данные таблицы, рассчитать величины адсорбции и построить изотермы адсорбции и десорбции паров воды на образце оксида магния, предварительно вакуумированного при комнатной температуре в течение 24 ч.

Масса навески 40 мг, чувствительность спирали $f = 2,22$ мг/мм, $N_0 = 351,916$ мм.

Удельная поверхность образца 58 м²/г.

Температура опыта 27 °С, давление насыщенного пара бензола $26,78$ мм рт. ст.

P , мм рт. ст.	N , мм	P , мм рт. ст.	N , мм
АДСОРБЦИЯ			
2	351,096	19	350,170
3,5	350,748	22	349,996
5,2	350,574	24	349,796
7,5	350,529	26	349,651
10	350,412	26,3	349,648
13	350,302	26,5	349,358
17	350,279		
ДЕСОРБЦИЯ			
24	349,583	5	350,417
22	349,726	3	350,587
18	349,970	1	350,650
14	350,088	0	350,717
9	350,290		

Задание 13

Рассчитать величины адсорбции паров воды на образце оксида магния, предварительно термовакuumированного при температуре 573 К в течение 4 ч.

Изучение адсорбции проводилось весовым адсорбционным методом.

Построить изотермы адсорбции и десорбции.

Масса навески 40 мг, чувствительность спирали $f=2,22$ мг/мм, $N_0= 356,766$ мм.

Удельная поверхность образца 58 м²/г.

Температура опыта 28 °С, давление насыщенного пара бензола $28,35$ мм рт. ст.

P , мм рт. ст.	N , мм	P , мм рт. ст.	N , мм
АДСОРБЦИЯ			
1	356,223	16	354,416
3	355,626	19	354,407
5	355,176	21	354,246
7	354,978	24	354,104
9	354,711	27	353,930
11	354,487	28	353,676
14	354,432		
ДЕСОРБЦИЯ			
	353,785	7	354,360
	353,882	5	354,840
	353,975	2	355,486
	354,088	1	356,296
	354,159	0	356,766

Задание 14

Используя исходные данные и данные таблицы, рассчитать величины адсорбции и построить изотермы адсорбции и десорбции паров воды на образце оксида магния, предварительно оттренированного в вакууме при комнатной температуре в течение 24 ч.

Масса навески 40 мг, чувствительность спирали $f = 2,22$ мг/мм, $N_0 = 346,633$ мм.

Удельная поверхность образца 55 м²/г.

Температура опыта $28,5$ °С, давление насыщенного пара бензола $29,22$ мм рт.ст.

P , мм рт. ст.	N , мм	P , мм рт. ст.	N , мм
АДСОРБЦИЯ			
1,5	346,550	17	345,811
4	346,408	19	345,666
6	346,320	21	345,605
8	346,165	23	345,574
10	346,066	25	345,336
13	345,936	27	345,040
15	345,855	28	344,670
ДЕСОРБЦИЯ			
27	345,078	13	345,815
25	345,167	10	345,954
23	345,226	7	346,078
21	345,335	5	346,146
17	345,570	3	346,195
15	345,660	0	346,425

Задание 15

Рассчитать величины адсорбции и построить изотерму адсорбции паров воды на образце оксида магния, предварительно обработанного в вакууме при температуре 573 К в течение 4 ч.

Изучение адсорбции проводилось весовым адсорбционным методом.

Масса навески 40 мг, чувствительность спирали $f = 2,22$ мг/мм, $N_0 = 324,803$ мм.

Удельная поверхность образца 55 м²/г.

Температура опыта 23 °С, давление насыщенного пара бензола 21,07 мм рт.

P , мм рт. ст.	N , мм	P , мм рт. ст.	N , мм
АДСОРБЦИЯ			
1	324,535	13	322,859
2,5	324,123	14	322,811
5	323,446	16	322,590
6	323,248	17	322,316
8,5	323,034	20	321,887
10,5	322,973	21	321,725

Задание 16

При изучении десорбции паров воды с поверхности оксида магния весовым адсорбционным методом получены следующие данные.

Рассчитать величины адсорбции и построить изотерму адсорбции паров воды на образце оксида магния, предварительно обработанного в вакууме при температуре 573 К в течение 4 ч. Изучение адсорбции проводилось весовым адсорбционным методом.

Масса навески 40 мг, чувствительность спирали $f = 2,22$ мг/мм, $N_0 = 324,803$ мм.

Удельная поверхность образца 55 м²/г.

Температура опыта 23 °С, давление насыщенного пара бензола 21.07 мм рт. ст.

P , мм рт. ст.	N , мм	P , мм рт. ст.	N , мм
ДЕСОРБЦИЯ			
24	322,049	10	322,758
22	322,227	8	322,710
19	322,535	6	322,826
17	322,600	4	323,086
16	322,746	3	323,864
14	322,806	2	324,253
13	322,794	0	324,803

Задание 17

Используя исходные данные и данные таблицы, рассчитать величины адсорбции и построить изотермы адсорбции и десорбции паров воды на образце оксида магния, предварительно термовакuumированного при температуре 573 К в течение 4 ч.

Масса навески 40 мг, чувствительность спирали $f = 2,22$ мг/мм, $N_0 = 329,820$ мм.

Удельная поверхность образца 24 м²/г.

Температура опыта 23 °С, давление насыщенного пара бензола $21,07$ мм рт. ст.

P , мм рт. ст.	N , мм	P , мм рт. ст.	N , мм
АДСОРБЦИЯ			
1.0	329,270	11,5	327,270
2.0	328,815	14,5	327,157
3,5	327,920	17,5	326,612
7,5	327,500	19,5	325,870
9.0	327,377		

Задание 18

При изучении десорбции паров воды с поверхности оксида магния весовым адсорбционным методом получены следующие данные.

P , мм рт. ст.	N , мм	P , мм рт. ст.	N , мм
ДЕСОРБЦИЯ			
18	326,386	7	327,001
14	326,548	5	327,260
12	326,677	3	328,168
9	326,810	0	329,820

Рассчитать величины адсорбции и построить изотермы адсорбции и десорбции паров воды на образце оксида магния, предварительно термовакuumированного при температуре 573 К в течение 4 ч.

Масса навески 40 мг, чувствительность спирали $f = 2,22$ мг/мм, $N_0 = 329,820$ мм.

Удельная поверхность образца 24 м²/г.

Температура опыта 23 °С, давление насыщенного пара бензола $21,07$ мм рт. ст.

7. Установить связь состава, структуры и свойств материалов, в том числе наноматериалов, с технологическими и эксплуатационными свойствами. Составить схему взаимосвязи данных видов структуры волокон со свойствами, условиями испытаний и эксплуатации. Разработать рекомендации по составу и способам обработки конструкционных композиционных и иных материалов и технологии их модификации и упрочнения, исходя из понимания структуры молекулярной и надмолекулярной полимеров, отверждения полимера в присутствии поверхности.

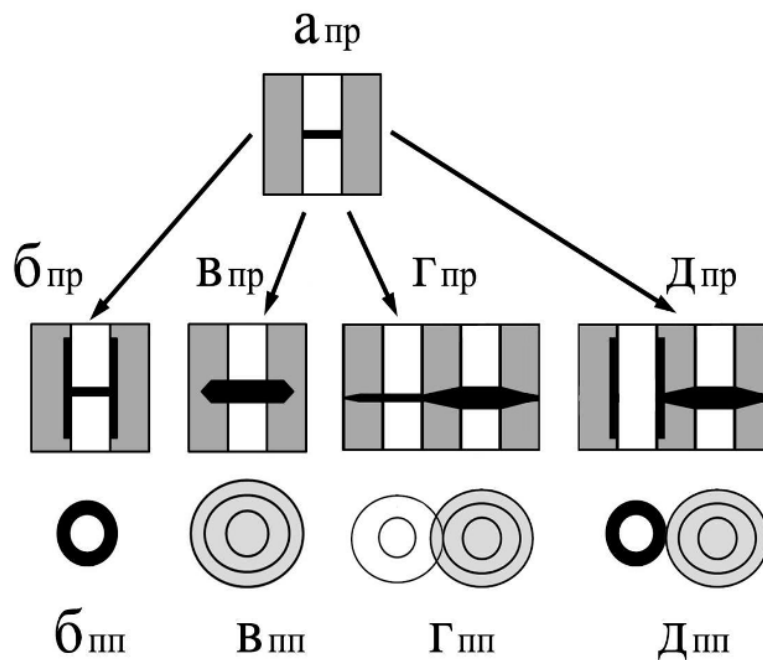
Компетенция	Индикатор достижения компетенции
ПК-2 Способен выбирать метод научного исследования, исходя из конкретных задач, организовывать его осуществление и анализировать результаты с использованием современных методов обработки данных, оформлять полученные результаты в виде отчета, научной публикации, доклада, готовить (под руководством) документы к патентованию, оформлению ноу-хау	ПК-2.3 Использует современные методы проектирования и исследования материалов для обеспечения качества изделий и конструкций
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

Приложение 7

Установить связь состава, структуры и свойств материалов, в том числе наноматериалов, с технологическими и эксплуатационными свойствами. Составить схему взаимосвязи данных видов структуры волокон со свойствами, условиями испытаний и эксплуатации. Разработать рекомендации по составу и способам обработки конструкционных композиционных и иных материалов и технологии их модификации и упрочнения, исходя из понимания структуры молекулярной и надмолекулярной полимеров, отверждения полимера в присутствии поверхности.

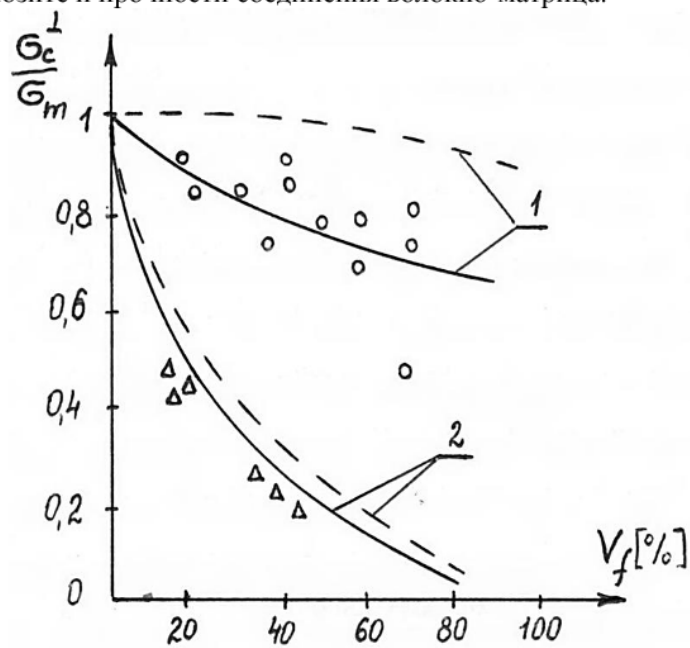
Химическая структура	Молекулярная структура
Физическая структура	Надмолекулярная структура
Термодинамическая структура	Макроструктура
Кинетическая структура	Микроструктура

Схематичное изображение микромеханизмов разрушения элементов структуры ВКМ (в продольных ($a_{пр}$, $b_{пр}$, $v_{пр}$, $z_{пр}$, $d_{пр}$) и поперечных ($b_{пп}$, $v_{пп}$, $z_{пп}$, $d_{пп}$) сечениях).



($a_{пр}$) – первичное разрушение волокна внутри структурного элемента; ($b_{пр}$, $b_{пп}$) - отслоение матрицы от волокна или ($v_{пр}$, $v_{пп}$) - распространение трещины в матричном материале, вызванные первичным разрушением волокна; ($г_{пр}$, $г_{пп}$) – разрушение волокон или ($д_{пр}$, $д_{пп}$) – отслоение матрицы от волокна в структурных элементах, находящихся рядом с разрушенным структурным элементом.

Зависимость поперечной прочности ВКМ от объемной доли волокон, характера их расположения в композите и прочности соединения волокно-матрица.



1 – максимальная прочность соединения компонентов; 2 – нулевая прочность соединения компонентов. (—) – квадратное расположение волокон; (-----) – гексагональное расположение волокон.

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