

**ПРИЛОЖЕНИЕ А**  
**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**  
**ПО ДИСЦИПЛИНЕ «Композиционные материалы со специальными свойствами»**

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

Код контролируемой компетенции	Способ оценивания	Оценочное средство
ПК-4: Способен осуществлять рациональный выбор материалов и оптимизировать их расходование на основе анализа заданных условий эксплуатации материалов, оценки их надежности, экономичности и экологических последствий применения	Экзамен	Комплект контролируемых 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 «Композиционные материалы со специальными свойствами».

При оценивании сформированности компетенций по дисциплине «Композиционные материалы со специальными свойствами» 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,	<25	<i>Неудовлетворительно</i>

задания в соответствии с индикаторами достижения компетенций не выполнены или выполнены неверно.		
--	--	--

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

*1. Обосновать выбор материалов, работающих в условиях воздействия ионизирующих излучений и их расходование с позиций надежности, экономичности и экологичности. Учесть при проведении исследований на радиационную стойкость эксплуатационные условия применения материалов различных классов, уровень их качества, оценку их надежности, экономичности и экологических последствий применения*

Компетенция	Индикатор достижения компетенции
ПК-4 Способен осуществлять рациональный выбор материалов и оптимизировать их расходование на основе анализа заданных условий эксплуатации материалов, оценки их надежности, экономичности и экологических последствий применения	ПК-4.1 Обосновывает выбор материалов и их расходование с позиций надежности, экономичности и экологичности
	ПК-4.2 Учитывает при проведении исследований эксплуатационные условия применения материалов различных классов, уровень их качества

Обосновать выбор материалов, работающих в условиях воздействия ионизирующих излучений и их расходование с позиций надежности, экономичности и экологичности. Учесть при проведении исследований на радиационную стойкость эксплуатационные условия применения материалов различных классов, уровень их качества, оценку их надежности, экономичности и экологических последствий применения

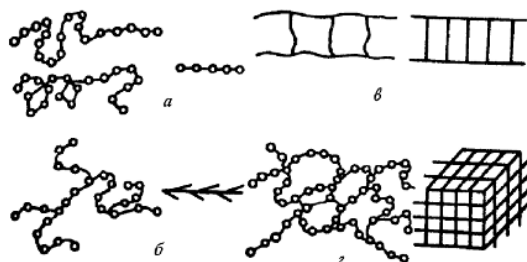


Рис. 1. Различные типы структур полимеров: а – линейная; б – линейно-разветвленная; в – лестничная; г – пространственная



Таблица 1. Виды ионизирующих излучений

1.	корпускулярное излучение, состоящее из частиц с массой покоя, отличной от нуля	1. альфа-излучение 2. бета-излучение 3. нейтронное
4.	электромагнитное излучение с очень малой длиной волны	1. гамма-излучение 2. рентгеновское

Таблица 2. Значения поглощенной дозы ионизирующего излучения, при которых прочность полимеров уменьшается в 2 раза (облучение на воздухе при комнатной температуре):

Полимер	D, МГр
Политетрафторэтилен	0,01
Политрифторхлорэтилен	0,03
Полиметилметакрилат	0,3
Поликапролактан	0,6
Полипропилен	1
ПЭВД	1
Поливинилхлорид	1,5
Полиэтилентерефталат	2
Полиэфирная смола ТГМ-3	2
ПЭНД	3
Полиуретаны	3
Меламиноформальдегидная смола	4
Поликарбонаты	5
Полистирол	5
Эпоксидная смола ЭД-10	15
Композиции на основе эпоксидных смол:	

ЭТЗ-10	30
КМУ-1Л	30
КМУ-4Л	30
Полиамиды	100

Таблица 3. Волокнистые наполнители

№ варианта	Наполнитель	Физико-механические свойства		
		Предел прочности при растяжении. $\sigma^+$ , МПа	Модуль упругости при растяжении. E, ГПа	Предельная деформация при растяжении. $\epsilon$ , %
1.	Стекланные волокна (магнийалюмосиликатные)	4585	85,5	4,8
2.	Арамидные волокна марки "Армос"	5500	142	4,5
3.	Арамидные волокна марки "СВМ"	4200	135	4
4.	Арамидные волокна марки "Терлон"	3100	150	3,5
5.	Арамидные волокна марки "Кевлар-29"	2920	77	3,6
6.	Арамидные волокна марки "Кевлар-129"	3200	85	3,6
7.	Углеродные волокна марки "ВМН-4"	1430	250	0,6
8.	Углеродные волокна марки "Кулон"	2000	600	0,4
9.	Углеродные волокна марки "Урал-15"	1700	80	2,1
10.	Углеродные волокна марки "Торнел-800"	5460	273	2,0

Таблица 4. Композиционные и теплозащитные материалы

Композиционные материалы	Теплозащитные материалы
Стеклопластики,	Пенопласты,
Углеродпластики,	Поропласты
Боропластики,	
Органопластики,	

*2.Обосновать выбор компонентов эпоксидного связующего при радиационно-термическом отверждении, их расходование. уровень их качества, оценку их надежности, экономичности и экологических последствий применения. работающих в условиях воздействия ионизирующих излучений Учеть при проведении исследований на радиационную стойкость эксплуатационные условия применения эпоксидного связующего с позиций надежности, экономичности и экологичности.*

Компетенция	Индикатор достижения компетенции
ПК-4 Способен осуществлять рациональный выбор материалов и оптимизировать их расходование на основе анализа заданных условий эксплуатации материалов, оценки их надежности, экономичности и экологических последствий применения	ПК-4.1 Обосновывает выбор материалов и их расходование с позиций надежности, экономичности и экологичности
	ПК-4.2 Учитывает при проведении исследований эксплуатационные условия применения материалов различных классов, уровень их качества

Обосновать выбор компонентов эпоксидного связующего при радиационно-термическом отверждении, их расходование, уровень их качества, оценку их надежности, экономичности и экологических последствий применения, работающих в условиях воздействия ионизирующих излучений. Учет при проведении исследований на радиационную стойкость эксплуатационные условия применения эпоксидного связующего с позиций надежности, экономичности и экологичности.

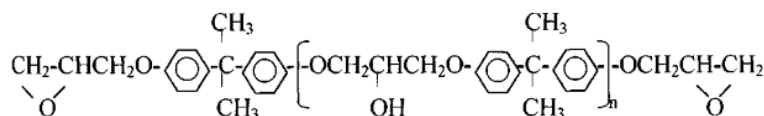
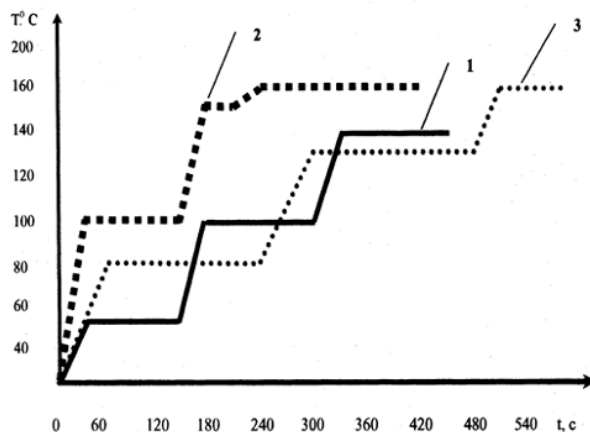


Рис. 1. Химическая формула эпоксидиановых смол



- 1- Образцы на основе эпоксидного связующего ЭДТ-10
- 2- Образцы на основе эпоксидного связующего ЭХД-МК
- 3- Образцы на основе эпоксидного связующего УП-318

Рис. 2. Температурно-временной режим отверждения связующих

Таблица 1. Виды ионизирующих излучений

1.	электромагнитное излучение с очень малой длиной волны	гамма-излучение
----	---	-----------------

Таблица 2 Осредненные свойства немодифицированных эпоксидных смол:

1.	Плотность	$\rho = 1230 - 1300 \text{ кг/м}^3$ ,
2.	Предел прочности при растяжении,	$\sigma_{\text{в}}^+ = 59 - 88 \text{ МПа}$
3.	Предел прочности при сжатии,	$\sigma_{\text{в}}^- = 147 - 167 \text{ МПа}$
4.	Модуль упругости при растяжении	$E = 2000 - 4000 \text{ МПа}$ ,
5.	Предельное относительное удлинение,	$\varepsilon = 2 - 9\%$
6.	Усадка при отверждении	$1 - 5\%$ ,
7.	Температура плавления	$T_{\text{пл}} = 418 - 428 \text{ К}$
8.	Температура стеклования	$T_{\text{стекл.}} = 333 - 353 \text{ К}$

Таблица 3 – Состав эпоксихлордианового связующего ЭХД-МК

Наименование компонентов	Соотношение, весовых частей
Смоляная часть ЭХД	50
Отвердитель изо-метилтетрагидрофталевого ангидрида (и-МТГФА)	50
Каучук бутадиен-нитрильный СКН-20КТРА	10 на 100 м.ч. смоляной части

Таблица 4 – Состав эпоксидианового связующего ЭДТ-10

Наименование компонента	Соотношение, весовых частей
Смола эпоксидно-диановая ЭД-20	90
Алифатическая смола ДЭГ-1	10
Триэтаноламинотитанат ТЭАТ-1	10 на 100 м.ч. смоляной части

Таблица 5 – Состав эпоксидианового связующего УП-318

Наименование компонента	Соотношение, весовых частей
Смола эпоксидная УП-671	50
Смола эпоксидно-диановая ЭД-20	40
Смола эпоксидная Э-181	10
Триэтаноламинотитанат ТЭАТ-1	10 на 100 м.ч. смоляной части

Таблица 6. Значения поглощенной дозы ионизирующего излучения, при которых прочность полимеров уменьшается в 2 раза (облучение на воздухе при комнатной температуре):

Полимер	D, МГр
Эпоксидная смола ЭД-10	15
Композиции на основе эпоксидных смол:	
ЭТЗ-10	30
КМУ-1Л	30
КМУ-4Л	30

Таблица 7. Условия проведения процесса

Параметр процесса	Значение
Давление в системе, P, Па	$10^5$
Мощность поглощенной дозы, кГр/час	3,5
Время обработки, t, ч (Варьируется до достижения облучаемым объектом необходимой поглощенной дозы)	(0,5 ÷ 2,5)

*3.Обосновать выбор материалов для создания УУКМ, работающих в условиях воздействия повышенных температур и их расходование с позиций надежности, экономичности и экологичности. Учесть при проведении исследований на тепловые и механические нагрузки эксплуатационные условия применения УУКМ, уровень их качества, оценку их надежности, экономичности и экологических последствий применения*

Компетенция	Индикатор достижения компетенции
ПК-4 Способен осуществлять рациональный выбор материалов и оптимизировать их расходование на основе анализа заданных условий эксплуатации материалов, оценки их надежности, экономичности и экологических последствий применения	ПК-4.1 Обосновывает выбор материалов и их расходование с позиций надежности, экономичности и экологичности
	ПК-4.2 Учитывает при проведении исследований эксплуатационные условия применения материалов различных классов, уровень их качества

Обосновать выбор материалов для создания УУКМ, работающих в условиях воздействия повышенных температур и их расхождение с позиций надежности, экономичности и экологичности. Учесть при проведении исследований на тепловые и механические нагрузки эксплуатационные условия применения УУКМ, уровень их качества, оценку их надежности, экономичности и экологических последствий применения

Таблица 1 Физико-механические свойства углеродных волокон

№ варианта	Наполнитель	Физико-механические свойства		
		Предел прочности при растяжении. $\sigma^+$ , МПа	Модуль упругости при растяжении. E, ГПа	Предельная деформация при растяжении. $\epsilon$ , %
1.	Углеродные волокна марки "ВМН-4"	1430	250	0,6
2.	Углеродные волокна марки "Кулон"	2000	600	0,4
3.	Углеродные волокна марки "Урал-15"	1700	80	2,1
4.	Углеродные волокна марки "Торнел-800"	5460	273	2,0

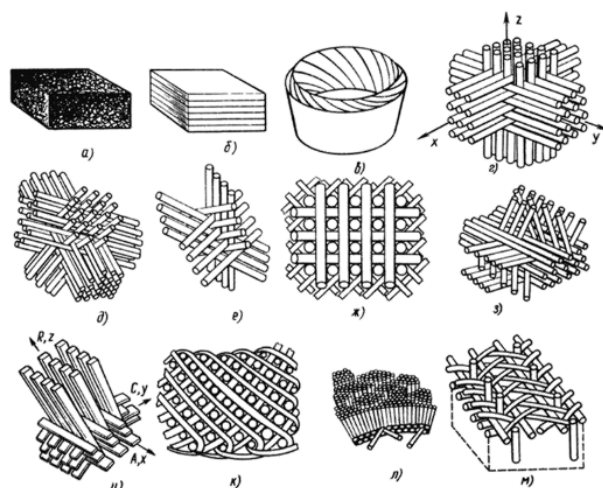


Рис. 1 Принципиальные схемы расположения волокон в УУКМ (структуры): а – хаотичная; б – слоистая; в – розеточная; г – ортогональная 3Д; д – 4Д; е – 4Д-Л; ж – 6Д-Л; з – 6Д; и – аксиально-радиально-окружная; к – аксиально-спиральная; л – радиально-спиральная; м – аксиально-радиально-спиральная

Таблица 2- Характеристики сбалансированных 3Д, 4Д, 6Д структур из пучков волокон круглого сечения

Характеристика	3D	4D	6D
Размещение пучков волокон	Квадратная сетка	В шахматном порядке	В шахматном порядке
Угол между пучками стержней, градус	90 (в двух направлениях)	70,5 (в трех направлениях)	90 (в одном направлении) 60 (в трех направлениях)
Компактность, %	59	68	49,4
Пористость	Закрытая	Открытая	Открытая

Характеристика	3D	4D	6D
Изотропия	Слабая	Хорошая	Близкая к совершенству
Жесткость	Слабая	Хорошая	Отличная
Расслоение	Легкое	Невозможно	Невозможно
Минимальная поверхность стержней в срезе плоскостью, %	19,7	34	24,7

**Исходные материалы для изготовления углеродной матрицы:**

1. нефтяной кокс;
2. пековый кокс;
3. антрацит;
4. натуральный графит;
5. сажа;
6. древесный уголь;
7. связующие материалы;
8. специальные добавки.

Таблица 3- Выход углеродного остатка для различных материалов

Исходный материал	Углеродный остаток, % (по массе)	Тип углеродного остатка
Полиэфир	2–18	Аморфный
Эпоксидные смолы	7–25	—*—
Фенолоформальдегидная смола	60–65	Стеклоуглеродный
Полифенилен	85	—*—
Полихлорвинил	24	Графитированный
Пек ( $P_{\text{карб}} = 0,1 \text{ МПа}$ )	23–30	—*—
Пек ( $P_{\text{карб}} = 100 \text{ МПа}$ )	70–80	—*—



Рис. 2 Общая технологическая схема производства углерод-углеродных КМ





Рис. 3 Основные свойства углерод-углеродных композитов в зависимости от температуры

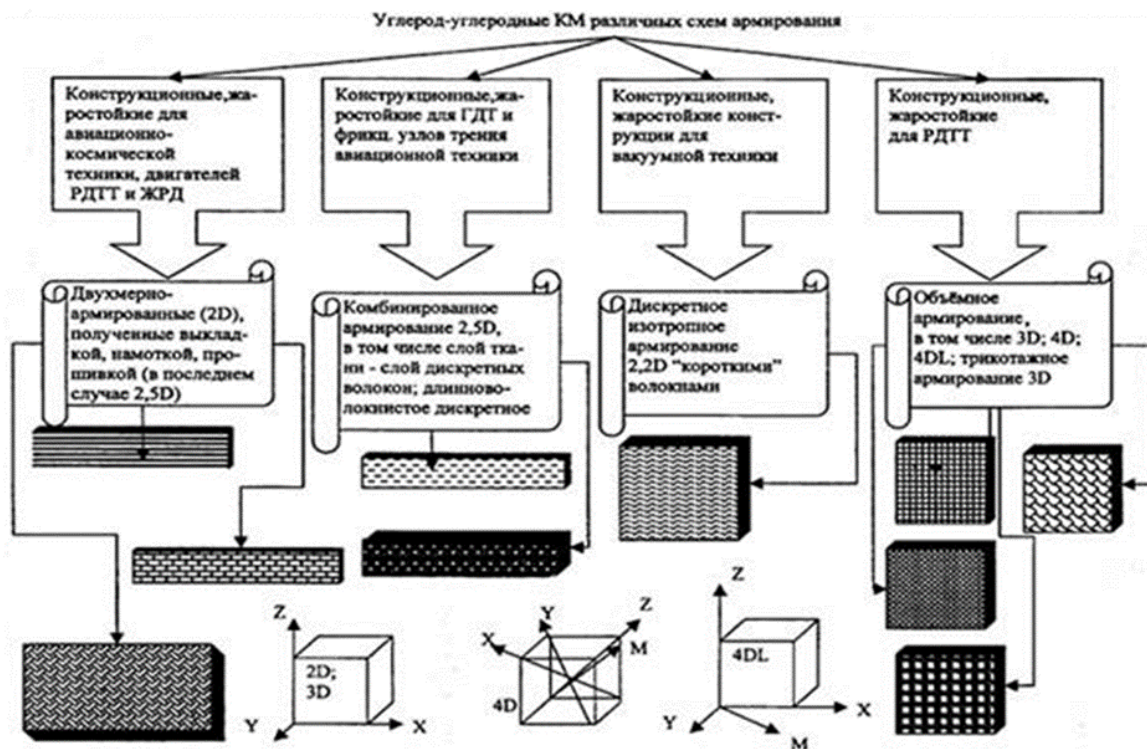


Рис. 4 Области применения углерод-углеродных материалов определенных схем армирования

4. Обосновать выбор типа углеродной матрицы для создания УУКМ, работающей в условиях воздействия повышенных температур и их расходование с позиций надежности, экономичности и экологичности. Учесть при проведении исследований на тепловые и механические нагрузки эксплуатационные условия применения УУКМ, уровень их качества, оценку их надежности, экономичности и экологических последствий применения

Компетенция	Индикатор достижения компетенции
ПК-4 Способен осуществлять рациональный выбор материалов и оптимизировать их расходование на основе анализа заданных условий эксплуатации материалов, оценки их надежности, экономичности и экологических последствий применения	ПК-4.1 Обосновывает выбор материалов и их расходование с позиций надежности, экономичности и экологичности
	ПК-4.2 Учитывает при проведении исследований эксплуатационные условия применения материалов различных классов, уровень их качества

Обосновать выбор типа углеродной матрицы для создания УУКМ, работающей в условиях воздействия повышенных температур и их расходование с позиций надежности, экономичности и экологичности. Учесть при проведении исследований на тепловые и механические нагрузки эксплуатационные условия применения УУКМ, уровень их качества, оценку их надежности, экономичности и экологических последствий применения

Таблица 1 Физико-механические свойства углеродных волокон

№ варианта	Наполнитель	Физико-механические свойства		
		Предел прочности при растяжении. $\sigma^+$ , МПа	Модуль упругости при растяжении. E, ГПа	Пределная деформация при растяжении. $\epsilon$ , %
1.	Углеродные волокна марки "ВМН-4"	1430	250	0,6
2.	Углеродные волокна марки "Кулон"	2000	600	0,4
3.	Углеродные волокна марки "Урал-15"	1700	80	2,1
4.	Углеродные волокна марки "Торнел-800"	5460	273	2,0

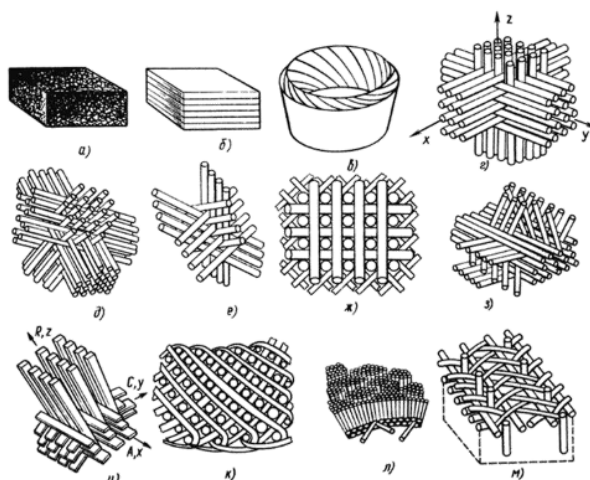


Рис. 1 Принципиальные схемы расположения волокон в УУКМ (структуры): а – хаотичная; б – слоистая; в – розеточная; г – ортогональная 3Д; д – 4Д; е – 4Д-Л; ж – 6Д-Л; з – 6Д; и – аксиально-радиально-окружная; к – аксиально-спиральная; л – радиально-спиральная; м – аксиально-радиально-спиральная

Таблица 2 - Характеристики сбалансированных 3Д, 4Д, 6Д структур из пучков волокон круглого сечения

Характеристика	3D	4D	6D
Размещение пучков волокон	Квадратная сетка	В шахматном порядке	В шахматном порядке
Угол между пучками стержней, градус	90 (в двух направлениях)	70,5 (в трех направлениях)	90 (в одном направлении) 60 (в трех направлениях)
Компактность, %	59	68	49,4
Пористость	Закрытая	Открытая	Открытая
Изотропия	Слабая	Хорошая	Близкая к совершенству

Жесткость	Слабая	Хорошая	Отличная
Расслоение	Легкое	Невозможно	Невозможно
Минимальная поверхность стержней в срезе плоскостью, %	19,7	34	24,7

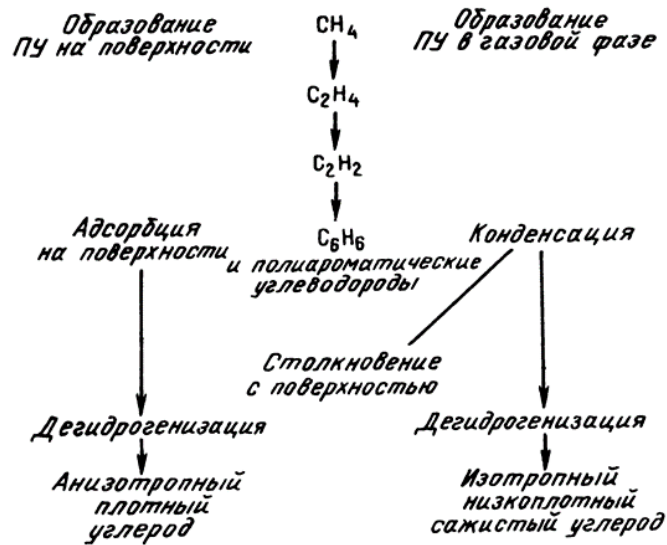


Рис. 2 Газофазный способ

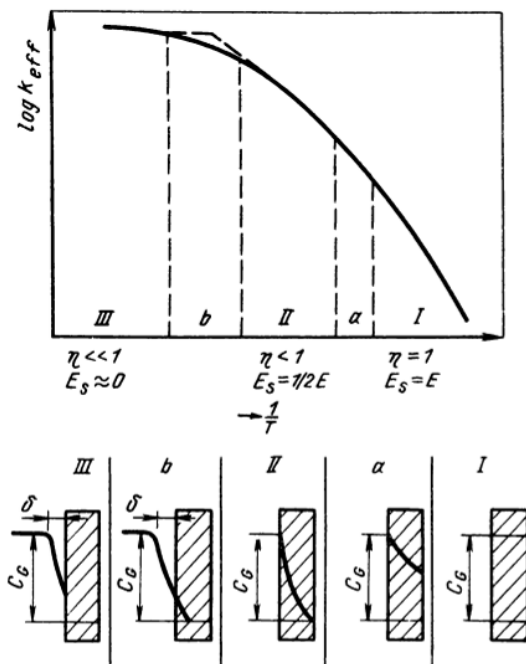


Рис. 3 Графическая интерпретация уравнения Аррениуса для реакции газов с пористыми твердыми телами (в применении к уплотнению пиролитическим углеродом):  $k_{eff}$  – эффективная константа скорости реакций;  $T$  – температура;  $C_G$  – концентрация реагирующего газа в объеме;  $\delta$  – толщина граничного газового слоя;  $\eta$  – количество газа, прореагировавшего в порах;  $E_s$  – экспериментально полученная энергия;  $E$  – истинная энергия активации

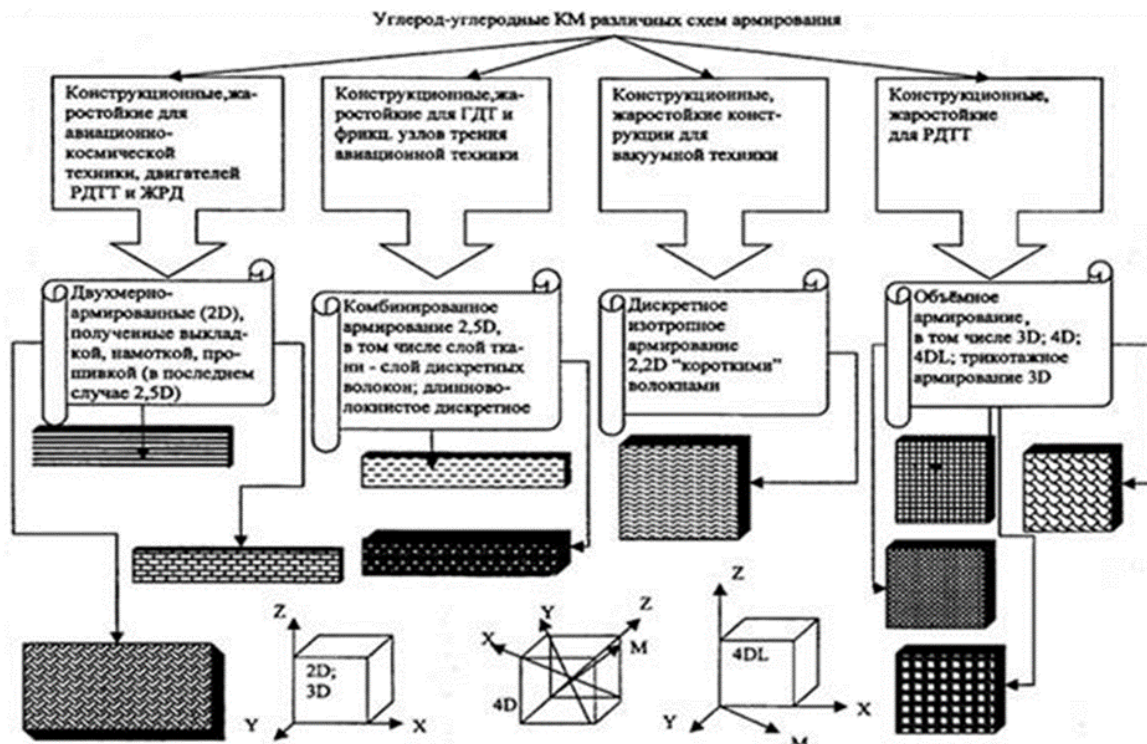


Рис. 4 Области применения углерод-углеродных материалов определенных схем армирования

5. Обосновать выбор материалов внутренней теплозащиты, работающих в условиях высокотемпературных воздействий, используя комплексные требования к материалам внутренней теплозащиты, удовлетворяющий требуемым эксплуатационным свойствам изделия, их расходование с позиций надежности, экономичности и экологичности. Учесть при проведении исследований на тепловые и механические нагрузки эксплуатационные условия применения материалов внутренней теплозащиты, уровень их качества, оценку их надежности, экономичности и экологических последствий применения.

Компетенция	Индикатор достижения компетенции
ПК-4 Способен осуществлять рациональный выбор материалов и оптимизировать их расходование на основе анализа заданных условий эксплуатации материалов, оценки их надежности, экономичности и экологических последствий применения	ПК-4.1 Обосновывает выбор материалов и их расходование с позиций надежности, экономичности и экологичности
	ПК-4.2 Учитывает при проведении исследований эксплуатационные условия применения материалов различных классов, уровень их качества

Обосновать выбор материалов внутренней теплозащиты, работающих в условиях высокотемпературных воздействий, используя комплексные требования к материалам внутренней теплозащиты, удовлетворяющий требуемым эксплуатационным свойствам изделия, их расходование с позиций надежности, экономичности и экологичности. Учесть при проведении исследований на тепловые и механические нагрузки эксплуатационные условия применения материалов внутренней теплозащиты, уровень их качества, оценку их надежности, экономичности и экологических последствий применения.

**Комплексные требования к материалам внутренней теплозащиты.**

Для выполнения основных функций теплозащиты, состоящих в обеспечении на поверхности силовой оболочки корпуса допустимой температуры, ее герметичности, а также совместной работы всех компонентов корпуса, материалы внутренней теплозащиты должны обладать:

- низкой теплопроводностью,
- стойкостью к высокотемпературным воздействиям,
- низкой газопроницаемостью,
- малой плотностью,
- высокой эластичностью,
- хорошими адгезионными характеристиками.

Выбор каучуков как основы для материалов ТЗ.

**Таблица 1 Свойства каучуков, применяемых для теплозащитных материалов**

Тип каучука	Марка	Плотность, 10 <sup>-3</sup> кг/м <sup>3</sup>	Средняя молекулярная масса, тыс. а.е.м.	Температура стеклования, С
Бутадиен-нитрильный	СКН-18	0,943	200-300	-55
	СКН-26	0,962		-41
	СКН-40	0,968		-22
Бутадиеновый	СКД	0,90-0,92	450-800	-105
Этиленпропиленовый	СКЭП	0,85-0,87	80-250	-58
	СКЭПТ			
Бутилкаучук	БК	0,92	300-700	-69
Силоксановый	СКТ	0,96-0,98	350-800	-123
	СКТН	0,92-1,23	20-80	
Фторкаучук	СКФ-26	1,85	100-250	-18
	СКФ-32	1,82	1000	-18
Хлорпреновый	Наирит	1,20-1,25	100-200	-40
Хлорсульфированный полиэтилен	ХСПЭ	1,12-1,28	20-40	-60
Полисульфидный		1,37	200-500	-43
Уретановый	СКУ	1,21-1,25	20-30	-35

**Таблица 2 Полимерные Наполнители для ТЗМ**

Полимерные наполнители	Термостойкие наполнители
Антрацено-фенолоформальдегидная,	Белая и печная сажа,
Дифенилоксид-паратретбутил	Асбестовое волокно,
Фенолоформальдегидная	Нитрид бора
	Пемза,
	Диатомит,
	Перлит
	Стеклянные, фенольные или углеродные микрошферы.
	кероген,
	бакелитовую муку,

С целью улучшения технологических характеристик и эластичности в ТЗМ вводятся пластификаторы: дибутилфталат, дибутилсебагинат, олигоэфиракрилаты.

В состав ТЗМ входят **вулканизирующие агенты**, обеспечивающие связывание линейных макромолекул каучуков в пространственно-сшитую структуру, определяющую основные эксплуатационные свойства материалов. Вулканизация ТЗМ в основном осуществляется элементарной серой и ее соединениями, главным образом органическими ди- и полисульфидами.

**Таблица 3 Марки и состав теплозащитных материалов**

Марка ТЗМ	Каучук	Смола	Наполнитель	Пластификатор	Вулканизирующая группа
51-2058	СКН-26М	СФ-010А	Диатомит	Фталиевый ангидрид	Тиурам, каптакс, уротропин
51-2135	СКМ-40М	СФ-010А	Асбест М4	ДБС	Тиурам, альтакс, дитиодиморфолин, урогропин
	СКЭПТ-40		Белая сажа	Фактис	
51-2147	СКН-40М	СФ-010А	Асбест М4	ДБС, ТГМ	То же
	СКЭПТ-40				
51-2110	СКЭПТ-50	–	Белая сажа	–	Тиурам, альтакс, дитиодиморфолин
51-2101	СКЭПТ-40	–	Асбест М4	–	То же
51-2180	СКЭПТ-40	–	-	ДОС	Тиурам, сера, каптакс
АФК-В	СКН-26	Резал	Ткань АТ1	–	–
АР-998	Резина 51-2110	–	Ткань АЛ Т6	–	–
КНК	СКН-10, КТР	ЭД-20	Асбест М4, стеклянные микросферы		

*6.Обосновать выбор теплоизоляционных материалов с позиций структуры пенопластов, используя комплексные требования к вспененным материалам, удовлетворяющий требуемым эксплуатационным свойствам изделия, их расходование с позиций надежности, экономичности и экологичности. Учесть при проведении исследований на тепловые и механические нагрузки эксплуатационные условия применения вспененных материалов, уровень их качества, оценку их надежности, экономичности и экологических последствий применения.*

Компетенция	Индикатор достижения компетенции
ПК-4 Способен осуществлять рациональный выбор материалов и оптимизировать их расходование на основе анализа заданных условий эксплуатации материалов, оценки их надежности, экономичности и экологических последствий применения	ПК-4.1 Обосновывает выбор материалов и их расходование с позиций надежности, экономичности и экологичности
	ПК-4.2 Учитывает при проведении исследований эксплуатационные условия применения материалов различных классов, уровень их качества

Обосновать выбор теплоизоляционных материалов с позиций структуры пенопластов, используя комплексные требования к вспененным материалам, удовлетворяющий требуемым эксплуатационным свойствам изделия, их расходование с позиций надежности, экономичности и экологичности. Учесть при проведении исследований на тепловые и механические нагрузки эксплуатационные условия применения вспененных материалов, уровень их качества, оценку их надежности, экономичности и экологических последствий применения.

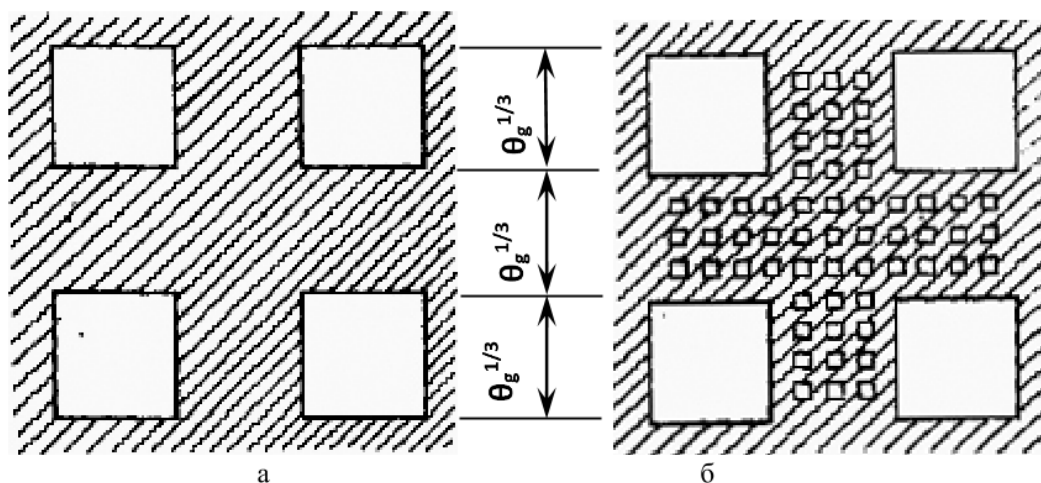


Рисунок 1 – Мономодальная (а) и бимодальная (б) модели ячеистой структуры пенопластов с объемной долей газовой фазы  $\theta_g$ .

- 1) Ячеистые (или пенистые), содержащие изолированные ГСЭ.
- 2) Пористые, содержащие сообщающиеся ГСЭ. Частным случаем поропластов являются ретикулярные поропласты, в которых отсутствуют стенки ячеек и вся полимерная фаза сосредоточена в ребрах ячеек; такие материалы называются "абсолютными поропластами".
- 3) Микробаллонные или синтактные, ГСЭ которых представляют собой газовую фазу, заключенную в сферическую оболочку из монолитного материала, а твердая фаза состоит из этой оболочки (полимерной или минеральной природы) и межсферического пространства, заполненного полимером.
- 4) Сотовые пластики (сотопласты), ГСЭ которых состоят из газовой фазы, заключенной в объем правильного многогранника, а твердая фаза представлена двумя материалами, например гранями из бумаги или ткани и полимерного связующего.
- 5) Капиллярные или волокнистые, ГСЭ которых состоят из газовой фазы, заключенной в объем анизометричной формы, который образован нитеобразными структурами, закрепленными механически или с помощью полимерного связующего.
- 6) Пеноматериалы со смешанным типом ГСЭ.

Таблица 1 – Применение теплоизоляционных материалов

Тип теплоизоляционных материалов	Применение
Rockwool «Лайт Баттс» – минераловатные плиты	Звуко- и теплоизоляция легких вертикальных и наклонных стен, мансард, межкомнатных перегородок и междуэтажных перекрытий, а также кровельных конструкций.
URSA П-17 – плиты из стеклянного штапельного волокна	Теплоизоляции ограждающих конструкций жилых, общественных и производственных зданий, печей, трубопроводов, бытовых и промышленных холодильников, оборудования, аппаратуры, транспортных средств; использование в звукоизоляционных и звукопоглощающих конструкциях, а также в качестве пожароразделяющего слоя. Диапазон рабочих температур – от минус 60°С до плюс 270°С.

Тип теплоизоляционных материалов	Применение
Изолон ППЭ – "Сшитый" вспененный полиэтилен закрытопористой структуры	Предназначен для тепло-, звуко-, гидро- и пароизоляции кровель, стен, фундаментов, полов, трубопроводов, воздуховодов; применяется также в качестве амортизатора ударных нагрузок, упругого звуко- и виброизолирующего прокладочного материала в конструкциях межэтажных перекрытий и фундаментов под инженерное оборудование.
Керамзитовый гравий	Используется для устройства тепло- и звукоизоляционных засыпок строительных конструкций в качестве наполнителя для легких бетонов. Внешний вид: округлые и цилиндрические гранулы коричневого или красно-коричневого цвета. Размеры: при просеивании в сите были обнаружены фракции от 5 до 20 мм.
Пенополистирол ПСБ-С-15-У	Предназначен для теплоизоляции ограждающих конструкций – стен, крыш, перекрытий, полов, а также промышленного оборудования при отсутствии контакта с внутренними помещениями и температуре изолируемой поверхности не выше 80°C.
Энергофлекс НПЭ – "Несшитый" вспененный полиэтилен закрытопористой структуры	Предназначен для теплоизоляции оборудования, тепло-, звуко- и пароизоляция строительных конструкций.
Пеноизол	Скатная кровля, крыши жилых зданий; мансарда, в звукоизолирующих перегородках; плоская кровля; стены и перегородки в деревянном и панельном домостроении; перекрытие, потолки; внутренние стены; внешняя каркасная стена; пол, в зданиях с полами кирпичными стенами; крыши и кровли промышленных зданий; в сборно-разборных сооружениях; в кровельных и стеновых панелях с деревянным или металлическим каркасом с ограждающими обшивками.

*7.Обосновать выбор теплоизоляционных материалов, работающих в условиях циклических тепловых нагрузок, их расходование с позиций надежности, экономичности и экологичности. Учет при проведении исследований на тепловые и механические нагрузки эксплуатационные условия применения теплоизоляционных материалов, уровень их качества, оценку их надежности, экономичности и экологических последствий применения*

Компетенция	Индикатор достижения компетенции
ПК-4 Способен осуществлять рациональный выбор материалов и оптимизировать их расходование на основе анализа заданных условий эксплуатации материалов, оценки их надежности, экономичности и экологических последствий применения	ПК-4.1 Обосновывает выбор материалов и их расходование с позиций надежности, экономичности и экологичности
	ПК-4.2 Учитывает при проведении исследований эксплуатационные условия применения материалов различных классов, уровень их качества



Обосновать выбор теплоизоляционных материалов, работающих в условиях циклических тепловых нагрузок, их расходование с позиций надежности, экономичности и экологичности. Учесть при проведении исследований на тепловые и механические нагрузки эксплуатационные условия применения теплоизоляционных материалов, уровень их качества, оценку их надежности, экономичности и экологических последствий применения

Таблица 1 – Применение теплоизоляционных материалов

Тип теплоизоляционных материалов	Применение
Rockwool «Лайт Баттс» – минераловатные плиты	Звуко- и теплоизоляция легких вертикальных и наклонных стен, мансард, межкомнатных перегородок и междуэтажных перекрытий, а также кровельных конструкций.
URSA П-17 – плиты из стеклянного штапельного волокна	Теплоизоляции ограждающих конструкций жилых, общественных и производственных зданий, печей, трубопроводов, бытовых и промышленных холодильников, оборудования, аппаратуры, транспортных средств; использование в звукоизоляционных и звукопоглощающих конструкциях, а также в качестве пожароразделяющего слоя. Диапазон рабочих температур – от минус 60°С до плюс 270°С.
Изолон ППЭ – "Сшитый" вспененный полиэтилен закрытопористой структуры	Предназначен для тепло-, звуко-, гидро- и пароизоляции кровель, стен, фундаментов, полов, трубопроводов, воздуховодов; применяется также в качестве амортизатора ударных нагрузок, упругого звуко- и виброизолирующего прокладочного материала в конструкциях межэтажных перекрытий и фундаментов под инженерное оборудование.
Керамзитовый гравий	Используется для устройства тепло- и звукоизоляционных засыпок строительных конструкций в качестве наполнителя для легких бетонов. Внешний вид: округлые и цилиндрические гранулы коричневого или красно-коричневого цвета. Размеры: при просеивании в сите были обнаружены фракции от 5 до 20 мм.
Пенополистирол ПСБ-С-15-У	Предназначен для теплоизоляции ограждающих конструкций – стен, крыш, перекрытий, полов, а также промышленного оборудования при отсутствии контакта с внутренними помещениями и температуре изолируемой поверхности не выше 80°С.
Энергофлекс НПЭ – "Несшитый" вспененный полиэтилен закрытопористой структуры	Предназначен для теплоизоляции оборудования, тепло-, звуко- и пароизоляция строительных конструкций.
Пеноизол	Скатная кровля, крыши жилых зданий; мансарда, в звукоизолирующих перегородках; плоская кровля; стены и перегородки в деревянном и панельном домостроении; перекрытие, потолки; внутренние стены; внешняя каркасная стена; пол, в зданиях с полами кирпичными стенами; крыши и кровли промышленных зданий; в сборно-разборных сооружениях; в кровельных и стеновых панелях с деревянным или металлическим каркасом с ограждающими обшивками.

Таблица– Группы горючести

Группа горючести материалов	Температура дымовых газов, T, °C	Параметры горючести		
		Степень повреждения по длине, %	Степень повреждения по массе, %	Продолжительность самостоятельного горения, с
Г1	>135	>65	<20	0
Г2	>235	<85	>50	>30
Г3	>450	>85	>50	>300
Г4	>450	>85	>50	>300

Примечание: для материалов групп горючести от Г1 до Г3 не допускается образование горящих капель.

Таблица 2 – Группы воспламеняемости

Группа воспламеняемости материала	КППТП, кВт/м <sup>2</sup>
В1	35 и более
В2	от 20 до 35
В3	менее 20

Таблица 2 – Свойства теплоизоляционных материалов

Тип теплоизоляционных материалов	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Теплопроводность, Вт/м·К	Водопоглощение по объему при полном погружении на 24 ч, %	Сжимаемость при нагрузке 2000 Па, %	Влажность по массе, %	По теплосберегающим свойствам 10 см	Горючесть	Прочность на сжатие при 10% деформации, МПа
Rockwool «Лайт Баттс» – минераловатные плиты	38	0,036	16,1	21,4	0,5.	минеральная вата эквивалентна 52 см сосновой доски или 1,3 м керамзитобетона	Негорючий материал	
URSA П-17 – плиты из стеклянного штапельного волокна	17,2	0,038	40,8	38,6	1,2.	эквивалентны почти полуметру сосновой доски или 1,23 м керамзитобетона		
Изолон ППЭ – "Сшитый" вспененный полиэтилен закрытопористой структуры	30,0 кг/м <sup>3</sup>	0,036	0,6		0	эквивалентны 80 см керамзитобетона или 65 см сосновой доски		0,02
Керамзитовый гравий	390 кг/м <sup>3</sup>	0,079	24,0		9,0	10 см данного утеплителя эквивалентны 25-сантиметровой толщине доски или 60 см керамзитобетонной плиты.		1,4

Тип теплоизоляционных материалов	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Теплопроводность, Вт/м·К	Водопоглощение по объему при полном погружении на 24 ч, %	Сжимаемость при нагрузке 2000 Па, %	Влажность по массе, %	По теплосберегающим свойствам 10 см	Горючесть	Прочность на сжатие при 10% деформации, МПа
Пенополистирол ПСБ-С-15-У	10,4	0,039	2,8		2,4	эквивалентен сосновой доске толщиной 48 см или же 1,2 м керамзитобетона		0,06
Энергофлекс НПЭ – "Несшитый" вспененный полиэтилен закрытопористой структуры	27,3	0,038	-			эквивалентен 50 см сосновой доски или 123 см керамзитобетона.		
Пеноизол	8-25	0,035-0,047	10,5-20,0		5,0-14,5		не ниже Г2 (трудногорючий)	0,07-0,5

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