



Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт машиноведения им. А.А. Благонравова
Российской академии наук
(ИМАШ РАН)

УТВЕРЖДАЮ

Исполняющий обязанности

Директора ИМАШ РАН

д.т.н.

М.П.

Рагуткин А.В.

2025 года



Дополнительная профессиональная программа
повышения квалификации

**«Моделирование состояния конструкционных материалов и
критериев прочности изделий при малоцикловом нагружении в
широком диапазоне температур»**
(72 часа)

Москва, 2025г.

Содержание

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОГРАММЫ ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ...	3
1.1. Характеристика программы	3
1.2. Цель и задачи освоения программы	3
1.3. Категория слушателей	5
1.4. Трудоемкость обучения	5
2. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ	6
2.1. Учебный план	6
2.2. Календарный график.....	6
2.3. Тематический план.....	7
3. ОРГАНИЗАЦИОННО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ.....	9
3.1. Документы, регламентирующие содержание и организацию образовательного процесса при реализации программы.....	9
3.2. Общие требования к организации образовательного процесса.....	9
3.3. Методическое обеспечение обучения	9
3.4. Кадровое обеспечение программы	10
3.5. Материально-технические условия реализации программы	10
3.6. Организация итоговой аттестации.....	10
3.7. Оценочные материалы	10
3.8. Организация учебного процесса, в том числе итоговой аттестации для обучающихся, имеющих ограниченные возможности здоровья и (или) инвалидов.....	10

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОГРАММЫ ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ

1.1. Характеристика программы

Дополнительная профессиональная образовательная программа повышения квалификации «Моделирование состояния конструкционных материалов и критериев прочности изделий при малоцикловом нагружении в широком диапазоне температур» (далее Программа) сформирована в соответствии со следующими нормативно-правовыми документами:

- Федеральный закон от 29 декабря 2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»;
- Приказ № 266 от 24.03.2025г. Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по дополнительным профессиональным программам (вступает в силу с 1 сентября 2025 года и действует до 1 сентября 2031 года);
- ФГОС ВО по направлению подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование», утвержденный приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 20.10.2015г. №1170;
- Локальные нормативные акты ИМАШ РАН.

Программа учитывает влияние широкого диапазона температур и режимов нагружения на прочность конструкций, позволяя получать точные прогнозы поведения материалов в экстремальных условиях эксплуатации.

Применение продвинутых методик компьютерного моделирования и симуляции процессов разрушения повышает точность расчетов и сокращает сроки разработки новых материалов и конструкций.

Результаты исследований непосредственно применяются для улучшения качества и надежности машиностроительных деталей и компонентов авиационной техники, энергетического оборудования и других критически важных отраслей.

Освоив данную программу, слушатель приобретает комплекс профессиональных компетенций, востребованных в высокотехнологичных отраслях промышленности, науке и образовании

1.2. Цель и задачи освоения программы

Цель программы повышения квалификации - совершенствование компетенций, необходимых для профессиональной деятельности работника в области инженерии, материаловедения и механики материалов.

Задачи программы повышения квалификации:

- сформировать теоретические знания влияния широкого диапазона температур и режимов нагружения на прочностные характеристики конструкционных материалов.
- освоить современные методы компьютерного моделирования и симуляции процессов разрушения.
- освоить инструменты и подходы, обеспечивающие точное определение пределов прочности и ресурса конструкций.
- освоить методы ускоренной разработки инновационных решений, уменьшая временные затраты на создание новых продуктов и технологий.
- получить опыт применения результатов исследований для улучшения качества и надежности продукции машиностроительной отрасли, авиационного транспорта и энергетики.

Требования к результатам освоения программы

Результатами обучения слушателей программы повышения квалификации является повышение уровня их компетенций за счет актуализации знаний и умений в области моделирования состояния конструкционных материалов и критериев прочности изделий при малоцикловом нагружении в широком диапазоне температур.

На базе знаний и умений, имеющихся у слушателей в рамках ранее полученной квалификации, обучающийся должен усовершенствовать следующие компетенции:

№ п/п	Код компетенции	Содержание компетенции
<i>ФГОС ВО 15.03.02 «Технологические машины и оборудование»</i>		
1.	ОК-7	Способность к самоорганизации и самообразованию
2.	ОПК-1	Способность к приобретению с большой степенью самостоятельности новых знаний с использованием современных образовательных и информационных технологий
3.	ПК-2	Умение моделировать технические объекты и технологические процессы с использованием стандартных пакетов и средств автоматизированного проектирования, готовность проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом результатов
4.	ПК-5	Способность принимать участие в работах по расчету и проектированию деталей и узлов машиностроительных конструкций в соответствии с техническими заданиями и использованием стандартных средств автоматизации проектирования
5.	ПК-7	Умение проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений
5.	ПК-10	Способность обеспечивать технологичность изделий и оптимальность процессов их изготовления, умение контролировать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий
7.	ПК-16	Умение применять методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий

Планируемые результаты обучения

В результате освоения программы повышения квалификации слушатель должен

№ п/п	Уметь/Знать/Владеть	Код компетенции
1.	Применять методики моделирования состояния конструкционных материалов и изделий при малоцикловом нагружении в разных температурных режимах. Использовать передовые инструменты компьютерного моделирования и симуляции процессов разрушения. Оценивать и анализировать прочностные характеристики материалов и конструкций в условиях экстремальных нагрузок и температур. Интегрировать полученные знания и умения в производственный процесс для оптимизации разработки и производства материалов и конструкций.	ОК-7, ОПК-1, ПК-2, ПК-5, ПК-16
2.	Знать физико-химические основы изменения свойств конструкционных материалов при воздействии высоких и низких температур, современные теории и модели описания прочности и усталости материалов при малоцикловом нагружении, методы экспериментального исследования материалов и конструкций в реальных условиях эксплуатации, принципы выбора оптимальных материалов и конструктивных решений для конкретных условий эксплуатации.	ПК-5, ПК-7, ПК-10, ПК-16
3.	Владеть навыками компьютерной симуляции и моделирования процесса деформирования и разрушения материалов, методиками обработки и интерпретации экспериментальных данных, полученных при испытаниях материалов и конструкций,	ОПК-1, ПК-2, ПК-5, ПК-7, ПК-10, ПК-16

инструментами оценки долговечности и работоспособности изделий в экстремальных условиях эксплуатации, способностью разрабатывать техническую документацию и инструкции по применению материалов и конструкций в производственных процессах.	
---	--

1.3. Категория слушателей

Уровень образования: высшее образование, среднее профессиональное образование, обучающиеся по программам высшего образования, обучающиеся по программам среднего профессионального образования.

Область профессиональной деятельности: проектирование, разработка, производство и эксплуатация высоконагруженных и специализированных конструкций и изделий, функционирующих в экстремальных условиях эксплуатации.

Слушателями программы повышения квалификации могут являться:

- научные сотрудники научно-исследовательских институтов и лабораторий, проводящие фундаментальные и прикладные исследования в области прочности материалов, физики твёрдого тела, механики и вычислительного моделирования;
- преподаватели высших учебных заведений, ведущие подготовку студентов по направлениям материаловедения, сопротивления материалов, технологии машиностроения и смежных специальностей;

- специалисты, занимающиеся проектированием и созданием новых конструкций и материалов, используемых в экстремальных условиях (авиация, космос, автомобильная техника, судостроение, химическое оборудование и др.);

- работники, выполняющие тестирование и проверку прочности и надёжности материалов и готовых изделий, сертифицирующие материалы и готовую продукцию;

- руководители подразделений заводов и фабрик, ответственных за внедрение новых материалов и технологий, контроль качества выпускаемых изделий и модернизацию производственных линий;

- эксперты и консультанты, помогающие компаниям внедрять инновационные подходы и повышать качество продукции путём совершенствования технологий и материалов.

Виды профессиональной деятельности, к которым готовятся специалисты, освоившие программу повышения квалификации: проектирование и конструкторская работа, исследовательская и научная деятельность, производственно-технологическая деятельность, экспертиза и испытание материалов и конструкций, учебно-методическая и педагогическая деятельность.

1.4.Трудоемкость обучения

Трудоемкость программы повышения квалификации составляет 72 академических часа.

1.5. Форма обучения

Очная

1.6. Форма документа, выдаваемого по результатам освоения программы:

Удостоверение о повышении квалификации

2. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ

2.1. Учебный план

Количество часов: 72 часа

Срок обучения: 2 недели

Форма обучения: очная

Темы	Общая трудоёмкость, час.	Аудиторные занятия, час.				Форма контроля
		Всего	из них			
			ЛЗ	ПЗ	ЛР	
1	2	3	4	5	6	7
1. Математические модели состояния конструкционных материалов (включая цветные сплавы)	26	26	8	14	4	Зачёт
2. Критерии прочности при малоцикловом нагружении в широком диапазоне температур (от отрицательной до положительной)	20	20	8	10	2	Зачёт
3. Напряжённо – деформированное состояние в широком диапазоне температур (от отрицательной до положительной)	14	14	6	8	-	Зачёт
4. Коэффициент перехода в различные напряжённые состояния	8	8	4	4	-	Зачёт
Итоговая аттестация	4	4	-	4	-	Итоговая аттестационная работа
Итого	72	72	26	40	6	

2.2. Календарный график

№ п/п	Модуль, курс, тема	Всего (часов)	Период обучения
1.	Тема 1. Математические модели состояния конструкционных материалов (включая цветные сплавы)	26	1-ая неделя
2.	Тема 2. Критерии прочности при малоцикловом нагружении в широком диапазоне температур (от отрицательной до положительной)	20	1-2 недели
3.	Тема 3. Напряжённо – деформированное состояние в широком диапазоне температур (от отрицательной до положительной)	14	1-2 недели
4.	Тема 4. Коэффициент перехода в различные напряжённые состояния	8	2-ая неделя
	Итоговая аттестация	4	2-ая неделя
	Итого	72 Часа	

2.3. Тематический план

Название темы	Компетенции	Виды учебных занятий	Содержание (краткая аннотация)	Кол-во часов
Тема 1. Математические модели состояния конструкционных материалов (включая цветные сплавы)	ОК-7, ОПК-1, ПК-2	Теоретическое (лекция)	Введение в понятие математической модели. Типология математических моделей. Классические уравнения состояния твердых тел. Особенности применения математических моделей. Примеры применения математических моделей.	8
Тема 1. Математические модели состояния конструкционных материалов (включая цветные сплавы)	ПК-2, ПК-5	Практическое	Приобретение навыков составления простых математических моделей состояния конструкционных материалов.	14
Тема 1. Математические модели состояния конструкционных материалов (включая цветные сплавы)	ПК-16	Лабораторное	Получение навыков экспериментального определения характеристик материалов и сравнение с результатами математического моделирования.	4
Тема 2. Критерии прочности при малоцикловом нагружении в широком диапазоне температур (от отрицательной до положительной)	ОК-7, ПК-7, ПК-10	Теоретическое (лекция)	Основные понятия и отличия малоциклового нагружения от классического усталостного процесса. Обзор внутренних и внешних факторов, влияющих на прочность материалов в условиях малого числа циклов нагрузки. Классические критерии прочности при малоцикловом нагружении. Особенности поведения материалов при положительных и отрицательных температурах, влияние фазовых переходов и термоупругих эффектов. Современные методы оценки долговечности материалов при редких и сильных нагрузках	8
Тема 2. Критерии прочности при малоцикловом нагружении в широком диапазоне температур (от отрицательной до положительной)	ПК-7	Практическое	Расчет коэффициента запаса прочности элемента конструкции при малоцикловом нагружении	10
Тема 2. Критерии прочности при малоцикловом нагружении в широком диапазоне температур (от отрицательной до положительной)	ПК-7, ПК-10, ПК-16	Лабораторное	Испытание образцов конструкционного материала на малоцикловую прочность при различной температуре	2
Тема 3. Напряжённо – деформированное состояние в широком диапазоне температур (от отрицательной до положительной)	ОК-7, ПК-7, ПК-10	Теоретическое (лекция)	Определение напряженно-деформированного состояния. Особенности НДС при пониженных температурах. Особенности НДС при повышенных температурах. Методы расчета напряженно-деформированного состояния. Оценка НДС на примерах реальных конструкций.	6

Тема 3. Напряжённо – деформированное состояние в широком диапазоне температур (от отрицательной до положительной)	ОПК-1, ПК-7, ПК-10	Практическое	Расчет НДС толстостенного цилиндра при низкотемпературной эксплуатации (-50°С)	8
Тема 4. Коэффициент перехода в различные напряжённые состояния	ОК-7, ПК-2, ПК-5, ПК-16	Теоретическое (лекция)	Определение коэффициента перехода. Типы схем нагружения и соответствующий коэффициент перехода. Формулы и правила вычисления коэффициента перехода. Применение коэффициента перехода в инженерной практике. Проблемы и ограничения применения коэффициента перехода.	4
Тема 4. Коэффициент перехода в различные напряжённые состояния	ПК-5, ПК-7	Практическое	Определение коэффициента перехода для многослойной панели при двухосном нагружении.	4

3. ОРГАНИЗАЦИОННО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ

3.1. Документы, регламентирующие содержание и организацию образовательного процесса при реализации программы

Реализация программы осуществляется на основании совокупности документов, регламентирующих содержание и организацию образовательного процесса, а именно:

- календарный учебный график;
- учебный план;
- оценочные материалы;
- методическое обеспечение.

В календарном учебном графике указывается последовательность реализации программы по неделям/дням, включая теоретическое обучение, практическую подготовку, итоговую аттестацию.

При составлении учебного плана учитываются общие требования к условиям реализации дополнительных профессиональных программ, сформулированным в Порядке организации и осуществления образовательной деятельности по дополнительным профессиональным программам, утвержденном приказом Минобрнауки России от 24 марта 2025 г. № 266.

3.2. Общие требования к организации образовательного процесса

Освоение программы производится в соответствии с учебным планом и календарным графиком, утвержденным руководством ИМАШ РАН.

Учебный процесс организован в режиме шестидневной учебной недели, занятия группируются парами.

Для всех видов аудиторных занятий академический час устанавливается продолжительностью 45 минут.

Максимальная нагрузка составляет не более 36 часов в неделю, включая все виды самостоятельной работы (при наличии).

Занятия проводятся в аудиториях, оснащенных необходимым учебным, методическим, информационным, программным обеспечением.

При реализации Программы предполагается использование различных форм и видов занятий, разнообразных способов организации познавательной деятельности обучающихся, привлечение широкого круга источников информации.

Наглядность, информативность, доступность содержания курса обеспечиваются использованием мультимедийных ресурсов и компьютерных технологий.

3.3. Методическое обеспечение обучения

Основная литература:

1. Баженов А.А., Фролова Ю.В. Материалы и покрытия специального назначения. Москва: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2023 г.
2. Еремин Н.Н., Полетаев Г.И. Механика разрушения и надежность элементов конструкций. СПб.: Политехника, 2023 г.
3. Красовский О.М., Горшков Э.Б. Прочность металлов и сварных соединений при переменных температурах и нагрузках. Москва: Наука, 2023 г.
4. Малкин А.Я., Каргин Д.Г. Физикохимия полимеров и композиционных материалов. Москва: Академкнига, 2023 г.
5. Харламов А.С., Захаров А.П. Методы расчета и моделирования конструкционных материалов при циклическом нагружении. Новосибирск: Наука, 2023 г.

Дополнительная литература:

1. Абрамян А.К., Иванов А.Ю. Экспериментальные методы оценки прочности материалов. Екатеринбург: УрФУ, 2022 г.

2. Панин В.Е., Лавриненко И.В. Усталость и разрушение конструкционных материалов. Томск: Томский гос. университет, 2022 г.
3. 2. Попов Е.А., Федотов Г.Е. Основы металлофизики и материаловедения. Самара: СамГУПС, 2022 г.
4. Хазанов Р.Ф., Куликов И.В. Композиционные материалы и покрытия в технике. Москва: Машиностроение, 2022 г.
5. Шульте Я.Л., Балакина И.А. Анализ ползучести и длительной прочности металлов и сплавов. Саратов: Саратовский государственный технический университет, 2022 г.

3.4. Кадровое обеспечение программы

Квалификация научно-педагогических работников соответствует квалификационным характеристикам, установленным в Едином квалификационном справочнике должностей руководителей, специалистов и служащих, разделе «Квалификационные характеристики должностей руководителей и специалистов высшего профессионального и дополнительного профессионального образования», утвержденном приказом Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации от 11 января 2011 г. № 1н и профессиональным стандартам (*при наличии*).

3.5. Материально-технические условия реализации программы

Учебные аудитории и лекционные залы:

- специально оборудованные помещения с мультимедийными средствами обучения (проектор, экран, интерактивная доска);
- удобные рабочие места для слушателей, оснащённые столами и стульями, способствующими комфортной работе;
- возможность подключения персональных компьютеров преподавателей и слушателей к общей сети Интернет для демонстрации презентаций и доступа к электронным ресурсам;

Лаборатории и испытательные комплексы:

- специализированные лаборатории, оснащённые современным оборудованием для проведения физических и механических испытаний материалов и конструкций;
- приборы и установки для изучения изменений структуры и свойств материалов при воздействии различных факторов;
- программно-вычислительные комплексы для проведения виртуальных тестов и расчетов методом конечных элементов.

3.6. Организация итоговой аттестации

Итоговая аттестация является обязательной.

Слушатели допускаются к итоговой аттестации после изучения тем в объеме, предусмотренным учебным планом программы.

Итоговая аттестация проходит в форме индивидуального решения практической задачи.

Цель: продемонстрировать способность самостоятельно решать комплексные инженерные задачи, связанные с определением прочности и долговечности конструкционных материалов в условиях малоциклового нагружения и широкого диапазона температур.

3.7. Оценочные материалы

Оценочные материалы предназначены для контроля и оценки образовательных достижений слушателей, освоивших программу повышения квалификации.

3.8. Организация учебного процесса, в том числе итоговой аттестации для обучающихся, имеющих ограниченные возможности здоровья и (или) инвалидов

Организация учебного процесса, в том числе промежуточной и итоговой аттестации для обучающихся, имеющих ограниченные возможности здоровья, и (или) инвалидов

осуществляется с учетом особенностей их психофизического развития, их индивидуальных возможностей и состояния здоровья (далее - индивидуальных особенностей).

Обучающимся с ограниченными возможностями здоровья обеспечен доступ к фондам учебно-методической документации. На официальном сайте ИМАШ РАН представлены образовательные программы, учебные планы, учебно-методические материалы, обеспечен доступ всех обучающихся к электронным образовательным и информационным ресурсам.

В учебном процессе используется мультимедийное оборудование: слайд проекторы, экраны, колонки, наушники. с В образовательном процессе для обучающихся с инвалидностью и обучающихся ОВЗ используются образовательные технологии, предусматривающие возможность приема-передачи информации в доступных для них формах.

Через электронную информационно-образовательную среду обеспечивается доступ в личный кабинет обучающегося.

Педагогический состав ознакомлен с психолого - физиологическими особенностями обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья и учитывает данные особенности при организации образовательного процесса.