



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.

Рагуткин А.В.

2025 года



М.П.

Дополнительная профессиональная программа
повышения квалификации

**«Методы проектирования новых исполнительных систем и
средств автоматизации на основе многокритериальной
оптимизации технологических процессов с использованием
цифровых технологий»**

(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. Требования к результатам освоения программы	4
1.4. Категория слушателей	5
1.5. Трудоемкость обучения	6
2. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ	7
2.1. Учебный план	7
2.2. Календарный график.....	7
2.3. Тематическое планирование	7
3. ОРГАНИЗАЦИОННО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ	10
3.1. Документы, регламентирующие содержание и организацию образовательного процесса при реализации программы.....	10
3.2. Общие требования к организации образовательного процесса.....	10
3.3. Методическое обеспечение обучения	10
3.4. Кадровое обеспечение программы	11
3.5. Материально-технические условия реализации программы	11
3.6. Организация итоговой аттестации.....	11
3.7. Оценочные материалы	11
3.8. Организация учебного процесса, в том числе итоговой аттестации для обучающихся, имеющих ограниченные возможности здоровья и (или) инвалидов.....	11

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОГРАММЫ ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ

1.1. Характеристика программы

Дополнительная профессиональная образовательная программа повышения квалификации «Методы проектирования новых исполнительных систем и средств автоматизации на основе многокритериальной оптимизации технологических процессов с использованием цифровых технологий» (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 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника», утвержденный приказом Минобрнауки России от 12.01.2016 №5;

- Профессиональный стандарт «Специалист по автоматизации технологических механосборочного производства», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 31.03.22 № 190н;

- Локальные нормативные акты ИМАШ РАН.

Программа ориентирована на применение эффективных алгоритмов многокритериального выбора оптимального решения, что позволяет учитывать одновременно сразу несколько важнейших факторов производства (например, экономичность, производительность, безопасность). Это даёт преимущество при создании гибких автоматизированных систем управления производственными процессами.

Программа объединяет современные методы компьютерного моделирования, численного анализа и оптимизации, что позволяет создавать инновационные механизмы и процессы, обеспечивающие высокую эффективность и надежность будущих машин.

Акцент делается на прикладные исследования, направленные на решение реальных инженерных задач, что способствует быстрому внедрению результатов исследований в производство.

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

Программа ориентирована на применение эффективных алгоритмов многокритериального выбора оптимального решения, что позволяет учитывать одновременно сразу несколько важнейших факторов производства (например, экономичность, производительность, безопасность). Это даёт преимущество при создании гибких автоматизированных систем управления производственными процессами.

1.2. Цель и задачи освоения программы

Цель программы повышения квалификации - совершенствование компетенций, необходимых для профессиональной деятельности работника в области проектирования инновационных исполнительных систем и средств автоматизации, использующих цифровые технологии и принципы многокритериальной оптимизации.

Задачи программы повышения квалификации:

- сформировать теоретические знания принципов и методов проектирования исполнительных систем и средств автоматизации на основе многокритериальной оптимизации и цифровых технологий.
- освоить современные компьютерные инструменты моделирования, анализа и оптимизации технологических процессов, включая создание цифровых двойников.
- получить опыт практической реализации проектов по созданию и настройке автоматизированных систем управления технологическими процессами, решению реальных инженерных задач и адаптации результатов исследований к промышленному производству.

Требования к результатам освоения программы

Результатами обучения слушателей программы повышения квалификации является повышение уровня их компетенций за счет актуализации знаний и умений в области: проектирования инновационных исполнительных систем и средств автоматизации, использующих цифровые технологии и принципы многокритериальной оптимизации.

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 09.03.01 Информатика и вычислительная техника</i>		
1.	УК-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
2.	УК-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
3.	УК-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
4.	ОПК -2	Способен использовать современные информационные технологии и программные средства, в том числе отечественного производства, при решении задач профессиональной деятельности;
5.	ОПК -9	Способен осваивать методики использования программных средств для решения практических задач.
<i>Профессиональный стандарт «Специалист по автоматизации технологических механосборочного производства»</i>		
6.	ПК-1	Автоматизация и механизация технологических операций механосборочного производства

Планируемые результаты обучения

В результате освоения программы повышения квалификации слушатель должен

№ п/п	Уметь/Знать/Владеть	Код компетенции
1.	<ul style="list-style-type: none">- Современные методы компьютерного моделирования и численного анализа механических свойств конструкционных материалов и изделий.- Методы многокритериальной оптимизации применительно к технологическим процессам и конструкциям.- Принципы построения цифровых моделей («цифровых двойников») сложных технических объектов и производств.	УК-2, УК-3, УК-6, ОПК-2, ОПК-9, ПК-1

	<ul style="list-style-type: none"> - Основные методики прогнозирования долговечности и прочности материалов и конструкций в условиях воздействия агрессивных сред и нагрузок. - Современные подходы к разработке оптимизированных исполнительных механизмов и систем автоматики на предприятиях промышленности. - Основы теории разрушения и расчета остаточной прочности конструкции с применением метода конечных элементов и специализированных программных комплексов. - Особенности инженерного подхода к оценке показателей надежности и эффективности промышленных систем. 	
2.	<p>Применять цифровые технологии для моделирования рабочих характеристик конструкций и устройств в широком диапазоне эксплуатационных условий.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Проводить расчет напряженно-деформированного состояния материалов и выбирать оптимальные конструктивные решения на основе критериев долговечности и производительности. - Использовать специализированное программное обеспечение для численной оценки динамики разрушений и усталостных повреждений. - Осуществлять многокритериальное проектирование исполнительных систем и средств автоматизации, учитывая требования надежности, стоимости и экологичности продукции. - Разрабатывать рекомендации по улучшению существующих конструкций и созданию новых высокоэффективных решений. - Оценивать преимущества и ограничения различных методологических подходов к решению конкретных инженерных задач. 	УК-2, УК-3, УК-6, ОПК-2, ОПК-9, ПК-1
3.	<ul style="list-style-type: none"> - Навыками цифровой визуализации конструкторско-технологической документации и подготовки технической отчетности. - Методиками интерпретации результатов численных экспериментов и анализа полученных данных. - Алгоритмами автоматического подбора оптимальных конфигураций производственных систем с учётом экономических и ресурсных ограничений. - Инструментами мониторинга состояния производственной инфраструктуры и оперативного реагирования на изменения параметров технологического процесса. - Современными средствами виртуального прототипирования изделий и автоматизированного проектирования нового поколения систем автоматизации. - Способностью анализировать тенденции рынка и потребности предприятий, адаптируя новые научные достижения к специфике конкретного производственного сектора. 	УК-2, УК-3, УК-6, ОПК-2, ОПК-9, ПК-1

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: автоматизация и проектирование технологических процессов с применением цифровых технологий и многокритериальной оптимизации.

Слушателями программы повышения квалификации могут являться:

- научные сотрудники научно-исследовательских институтов и лабораторий, работающих над проектами автоматизации и цифровизации производственных процессов;

- преподаватели высших учебных заведений, ведущие подготовку студентов по направлениям автоматизации, механики, электроники и программирования;
- инженеры-конструкторы и технологи, занимающиеся разработкой и модернизацией производственных линий и оборудования;
- специалисты служб технического контроля и обеспечения качества;
- сотрудники отделов автоматизации и информационной поддержки предприятия;
- руководители отделов, курирующие внедрение инновационных решений в производстве;
- представители малых и средних компаний, заинтересованные в повышении конкурентоспособности своего бизнеса посредством внедрения современных технологий автоматизации и оптимизации;
- слесари-монтажники технологического оборудования, слесари механосборочных работ, слесари КИПиА не ниже 4-го разряда.

Виды профессиональной деятельности, к которым готовятся специалисты, освоившие программу повышения квалификации: проектирование, оптимизация и эксплуатация автоматизированных систем и цифровых технологий в промышленности

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. Виды современных механизмов и деталей машин	2	2	2	0	0	Зачёт
2. Современные подходы к проектированию механизмов и деталей машин	22	22	4	18	0	Зачёт
3. Многокритериальная оптимизация технологических процессов с использованием «цифровых двойников»	24	24	4	20	0	Зачёт
4. Топологическая оптимизация в пакетах прикладных программ	20	20	2	18	0	Зачёт
Итоговая аттестация	4	4	-	4	-	Итоговая аттестационная работа
Итого	72	72	12	60	0	

2.2. Календарный график

№ п/п	Модуль, курс, тема	Всего (часов)	Период обучения
1.	Тема 1. Виды современных механизмов и деталей машин	2	1-ая неделя
2.	Тема 2. Современные подходы к проектированию механизмов и деталей машин	22	1-ая неделя
3.	Тема 3. Многокритериальная оптимизация технологических процессов с использованием «цифровых двойников»	24	1-2 неделя
4.	Тема 4. Топологическая оптимизация в пакетах прикладных программ	20	2-ая неделя
	Итоговая аттестация	4	2-ая неделя
	Итого	72 часа	

2.3. Тематическое планирование

Название темы	Формируемые компетенции	Виды учебных занятий	Содержание (краткая аннотация)	Кол-во часов
Тема 1. Виды современных механизмов и деталей машин	УК-6	Теоретическое (лекция)	Современные виды механизмов и деталей машин, применяемыми в промышленности, включая классификации, характеристики и сферы применения каждого типа устройства.	2

			<ul style="list-style-type: none"> - Типология современных механических передач и соединительных элементов. - Конструктивные особенности механизмов, работающих в широком диапазоне температур. - Критерии выбора оптимальных материалов и покрытий для изготовления деталей. 	
Тема 2. Современные подходы к проектированию механизмов и деталей машин	УК-6 ОПК-2 ПК-1	Теоретическое (лекция)	Новые методы проектирования, включающие компьютерное моделирование и оптимизацию деталей и механизмов. Возможности применения современных вычислительных комплексов и средств инженерного анализа для эффективного расчёта характеристик деталей и прогнозирования срока службы конструкций.	4
Тема 2. Современные подходы к проектированию механизмов и деталей машин	УК-6 ОПК-2 ПК-1		Экспериментальное исследование влияния температуры на свойства деталей. Прочностной расчет сложной детали методом FEA. Создание отчета по результатам испытаний и рекомендациям по повышению долговечности детали.	18
Тема 3. Многокритериальная оптимизация технологических процессов с использованием «цифровых двойников»	УК-2 УК-6 ОПК-2 ОПК-9 ПК-1	Теоретическое (лекция)	Основы многокритериальной оптимизации и её роли в принятии инженерных решений. Моделирование жизненного цикла продукции с учётом особенностей производственного процесса. Применение методов математической статистики и анализа чувствительности. Алгоритмы обработки больших массивов данных и извлечении полезных сведений для инженерии.	4
Тема 3. Многокритериальная оптимизация технологических процессов с использованием «цифровых двойников»	УК-2 УК-6 ОПК-2 ОПК-9 ПК-1	Практическое	Имитация производственной линии с использованием цифрового двойника Решение задачи многокритериальной оптимизации средствами ANSYS DesignXplorer	20
Тема 4. Топологическая оптимизация в пакетах прикладных программ	УК-2 УК-3 ПК-1	Теоретическое (лекция)	Основные этапы топологической оптимизации и их реализация в популярных программах. Возможности быстрого анализа напряжённо-деформируемого состояния конструкции.	2

			<p>Инновационные подходы к созданию лёгких и прочных конструкций.</p> <p>Примеры внедрения полученных результатов в проекты аэрокосмической отрасли и энергетики.</p>	
<p>Тема 4. Топологическая оптимизация в пакетах прикладных программ</p>	<p>УК-2 УК-3 ПК-1</p>	<p>Практическое</p>	<p>Подготовка оптимальной структуры элемента с использованием TOPOLOGY OPTIMIZATION TOOLS.</p> <p>Совместное моделирование физических процессов и конструкторских изменений.</p>	<p>18</p>
<p>Итоговая аттестация</p>	<p>УК-2, УК-3, УК-6, ОПК-2, ОПК-9, ПК-1</p>	<p>Итоговая аттестационная работа</p>		<p>4</p>

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. Горбацевич А.А., Шнейдер Ю.И. Проектирование механизмов и деталей машин. Современный подход. СПб.: Политехника, 2022 г.

2. Дунаев П.Ф., Поляков В.С., Леликов О.П. Расчет и проектирование деталей машин: Учебное пособие. Москва: Высшая школа, 2023 г.

3. Иванов А.М., Хрущев Д.Г. Цифровые двойники и цифровое проектирование: современное состояние и перспективы. СПб.: Изд-во Политехнического университета, 2023 г.

4. Новичков Н.Н. Механизмы и детали машин. Теория и практика: Учебник для вузов. Москва: Академия, 2023 г.

5. Соловьев Г.В. Технология и организация производства. Научные основы проектирования. Москва: Издательство МГТУ имени Баумана, 2022 г.

Дополнительная литература:

1. Герасименко А.А., Михайлов В.В. Надежность и диагностика промышленных роботов и роботизированных комплексов. Киев: Техника, 2023 г.

2. Карпенко А.Н., Новожилов Е.Б. Оптимизация конструкций с помощью эволюционного моделирования. Новосибирск: СО РАН, 2022 г.
3. Петров С.Ю. Современные методы компьютерного моделирования и инженерного анализа. Москва: Наука, 2022 г.
4. Титов В.Н., Семенов В.Е. Прогрессивные методы испытания и оценка ресурса машин и механизмов. Саратов: Саратовский университет, 2022 г.
5. Фролов К.В., Харламов Р.Л. Автоматизация проектирования и технология машиностроительного производства. Москва: Машгиз, 2023 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

Помещение: аудитория или кабинет, оборудованный мебелью, обеспечивающей комфорт обучающихся.

Мультимедийное оборудование: экран для проектора, переносной ноутбук, переносной проектор, интерактивная доска, доступ к интернету.

Стенды и приборы для проведения испытаний (расходные материалы и образцы). Раздаточный теоретический материал.

3.6. Организация итоговой аттестации

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

Итоговая аттестация проходит в форме практического занятия, защиты проекта.

Проект предполагает использование концепции цифрового двойника, моделирующего реальные производственные системы и изделия. Благодаря этому удаётся значительно сократить временные затраты и риски, связанные с физическим производством опытных образцов, повышая качество конечного продукта.

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. 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.