

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

**УТВЕРЖДАЮ**  
Временно исполняющий обязанности  
директора ИМАШ РАН,  
д.т.н., профессор



 **Ерофеев М.Н.**

«29» сентября 2025 г.

**ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ПРОГРАММА - ПРОГРАММА  
ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ  
«Новые методы и средства препарирования датчиков  
на конструкциях летательных аппаратов»**

г. Москва

## 1 Общие положения

1.1 Дополнительная профессиональная программа - программа повышения квалификации: **«Новые методы и средства препарирования датчиков на конструкциях летательных аппаратов»** для сотрудников экспериментально-исследовательского подразделения предприятий (далее по тексту - ППК) разработана в соответствии с нормами Федерального закона от 29 декабря 2012 г. № 273 - ФЗ «Об образовании в Российской Федерации», с учетом требований приказа Минобрнауки России от 1 июля 2013 г. № 499 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по дополнительным профессиональным программам» (зарегистрирован Минюстом России 20 августа 2013 г., регистрационный № 29444), с изменением внесенным приказом Минобрнауки России от 15 ноября 2013 г. № 1244 «О внесении изменений в Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по дополнительным профессиональным программам, утвержденный приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 1 июля 2013 г. №499» (зарегистрирован Минюстом России 14 января 2014 г., регистрационный номер № 31014)

1.2 Повышение квалификации, осуществляемое в соответствии с ППК, проводится обучающей организацией в соответствии с учебным планом в очной форме реализации ППК.

1.3 Разделы, включенные в учебный план ППК, используются для последующей обработки календарного учебного графика, рабочих программ учебного курса, учебно-информационных материалов, оценочных материалов, учебно-методического обеспечения ППК, иных видов учебной деятельности обучающихся и форм аттестации. ППК разрабатываются обучающей организацией (организацией, осуществляющей образовательную или научно-исследовательскую деятельность) самостоятельно, с учетом актуальных положений законодательства Российской Федерации об образовании и законодательства Российской Федерации.

1.4 Содержание курса ППК **«Новые методы и средства препарирования датчиков на конструкциях летательных аппаратов»** опирается на компетенции, знания, умения и навыки, полученные слушателями по основной специализации, а также при получении дополнительных общепрофессиональных компетенций, полученных при изучении таких дисциплин как «Математика», «Физика», «Теоретическая механика», «Сопротивление материалов», «Материаловедение», «Технология конструкционных материалов», «Методы научных исследований», «Трение и износ в машинах».

1.5 Срок освоения ППК составляет 34 академических часа.

1.6 Обучающимися по ППК могут быть работники испытательных лабораторий или иные лица (далее - слушатели), связанные в своей профессиональной деятельности с монтажными работами тензорезисторов и определения деформаций деталей.

## **2 Цель и планируемые результаты обучения**

**2.1 Целью** обучения слушателей по ППК является получение новых компетенций по профессии «Инженер-тензометрист», необходимых для профессиональной деятельности.

**2.2 Результатами обучения** является то, что обучаемый в результате освоения программы должен обладать профессиональными компетенциями, а также знаниями и умениями, предусмотренными квалификационной характеристикой профессии «Инженер-тензометрист».

**2.3 Характеристика занятий.** Теоретические занятия содержат справочную и научную информацию на уровне базового высшего образования по теме ППК. Информация представляется слушателям в виде лекций и информационно-раздаточного материала.

Практические работы предусматривают четкую формулировку цели работы, изучения методических указаний, выполнение измерений и обработку их результатов. По окончании работы слушатели предоставляют преподавателю протоколы испытаний и получают его согласие на оформление отчета, которое осуществляется в аудиторное время. Отчеты о практических работах оформляются в соответствии с требованиями стандартов для текстовых документов.

Контрольные вопросы по курсу теоретических и практических занятий формируются наряду с содержанием тематического материала и необходимой справочной информацией для каждого раздела.

Самостоятельная работа включает изучение и анализ предложенной литературы по тематике курса.

Тестовые задания используются для текущего контроля освоения слушателями содержания курса и являются основанием для получения «Удостоверения о повышении квалификации» установленного образца.

Тестирование слушателей проводится после прохождения полного курса теоретических и практических занятий. На каждый тестовый вопрос приводятся три варианта ответа, включая один правильный. Оценка осуществляется по следующим критериям: «зачтено» - более 65% правильных ответов на заданные вопросы; «не зачтено» - менее 65% правильных ответов.

**2.4 Требования** к слушателям ППК. Данная программа повышения квалификации предназначена для специалистов с высшим образованием технического профиля.

**2.5 Трудоемкость** обучения составляет 34 академических часа.

**2.6 Характеристика новой квалификации.**

**Квалификация** – 2-й разряд

**Характеристика работ.** Подготовка проводов, жгутов, кабелей, клеммников и разъемов для монтажа тензорезисторов. Распайка выводных

проводников тензорезисторов на двух-, трех-, четырехштырьковый клеммник. Крепление клеммников. Прокладка соединительных кабелей на деталях, конструкциях и натуральных объектах. Предварительная подготовка поверхностей деталей тензорезисторов к монтажу (зачистка, промывка, обезжиривание и т.д.). Соединение проводов пайкой.

**Квалификация – 3-й разряд**

**Характеристика работ.** Монтаж, наклейка датчиков трещин, датчиков усталости и др. по схемам на одно- и двухкомпонентные измерительные устройства и на отдельные агрегаты натуральных объектов в лабораторных условиях. Монтаж тензорезисторов пайкой и распайка несложных измерительных схем. Наклейка: динамометрических и термостойких тензорезисторов с применением клеев горячей сушки в термостатах или печах, тензорезисторов на предварительно нанесенный и термообработанный лаковый подслои. Нанесение на тензорезисторы влагостойких покрытий. Монтаж тензорезисторов по схемам на объекты в легкодоступных местах.

### 3 Учебный план

3.1 Учебный план ППК определяет перечень, последовательность, общую трудоемкость дисциплин и формы контроля знаний.

3.2 Образовательная деятельность слушателей предусматривает следующие виды занятий и учебных работ:

- лекции и самостоятельные работы;
- практические и лабораторные работы;
- получение новых знаний;
- итоговая аттестация (в форме теоретического зачета)

3.3 Соотношение общего количества учебных часов с формами работы в учебно-тематическом плане программы повышения квалификации ППК «Инженер-тензометрист»,

| №<br>п/п | Темы                      | Количество часов |          |                           | Форма<br>контроля |
|----------|---------------------------|------------------|----------|---------------------------|-------------------|
|          |                           | лекции           | практика | самостоятельная<br>работа |                   |
| 1        | Теоретическое обучение    | -                | -        | -                         | -                 |
| 1.2      | Материаловедение          | 2                | -        | 2                         | зачет             |
| 1.3      | Основы электротехники     | 2                | -        | 2                         | -                 |
| 1.4      | Охрана труда              | 1                | -        | 2                         | -                 |
| 1.5      | Специальная технология    | 2                | -        | 2                         | -                 |
| 2        | Производственное обучение | 1                | 16       | -                         | -                 |
|          | Квалификационный экзамен  | -                | -        | -                         | экзамен           |
|          | ИТОГО                     | 8                | 16       | 10                        |                   |
|          |                           | 34               |          |                           |                   |

## **4 Содержание программы**

### **Тема 1. Инструктаж по технике безопасности и ознакомление с производством**

Инструктаж по охране труда. Ознакомление с оборудованием и материалами, применяемыми при наклейке тензорезисторов.

Ознакомление с рабочим местом и работой монтажника тензорезисторов.

Инструктаж по охране труда на рабочем месте.

### **Тема 2. Подбор материалов и оборудования для тензометрирования**

Выбор параметров тензорезистора. Выбор базы тензорезистора. Выбор сопротивления тензорезистора. Выбор конфигурации решетки тензорезистора. Выбор клея для тензорезисторов.

Ознакомление с инструментом и приспособлениями для пайки и приварки проводов, подготовка их к работе. Пайка и приварка проводов. Флюсы для пайки. Проверка качества тензорезисторов. Упаковка тензорезисторов, правила использования.

Тензочувствительность тензорезисторов. Определение коэффициента тензочувствительности. Погрешность определения тензочувствительности и ее влияние на погрешность измерений физических величин.

### **Тема 3. Изучение операций и работ по наклейке тензорезисторов**

Подготовка соединительных проводов: выбор марки и длины проводов в зависимости от условий применения, зачистка концов проводов от изоляции. Маркировка проводов. Подготовка клеммных колодок к монтажу. Крепление колодочек на конструкцию. Наложение бандажей и скобок для крепления кабелей, жгутов и проводов.

### **Тема 4. Изучение электромонтажных работ по соединению тензорезисторов в измерительные схемы**

Присоединение выводных проводов тензорезисторов к соединительным проводам посредством пайки или сварки. Выполнение работ по соединению тензорезисторов в измерительные схемы. Монтаж измерительных схем. Монтаж измерительных схем при испытаниях в условиях повышенных температур. Монтаж тензорезисторов на измерительные устройства. Нанесение влагостойких покрытий на соединительные провода и клеммные колодки. Монтаж динамометрических устройств.

### **Тема 5. Работа с контрольно-измерительными приборами и аппаратурой**

Подготовка приборов к контролю. Практические навыки по измерению сопротивления. Ознакомление с измерительной аппаратурой. Обнаружение обрывов в проводах и тензорезисторах. Ремонт монтажных схем. Ознакомление с устройством аппаратуры.

Проведение оценки качества усвоенных знаний (2 часа) - итоговая аттестация.

## 5 Условия реализации программы

### 5.1 Квалификация преподавателей, участвующих в реализации программы:

Программу реализуют профессиональные ученые, имеющие ученую степень (ученое звание) и опыт работы преподавательской деятельности.

### 5.2 Материально-технические условия реализации программы:

Мультимедийное оборудование: Экран для проектов, переносной ноутбук, переносной проектор. Стенды и приборы для проведения испытаний (расходные материалы и образцы). Раздаточный теоретический материал.

| Аудитория, учебный класс с указанием оборудования и технических средств                                                                                                                                                | Фактический адрес учебных аудиторий |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| <i>Лекционная аудитория:</i><br>Класс, оборудованное место для преподавателя, стулья со столами для письма для слушателей, доска для информации, проектор, экран, монтажные столы, установка для измерения деформаций. | Москва, ул. Бардина, д.4            |

### 5.3 Учебно-методическое обеспечение программы:

#### **Основная литература:**

1. ГОСТ 21616-91 Тензорезисторы. Общие технические условия.
2. ГОСТ 8.543-86 ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений деформации.
3. В.А. Мехеда - Тензометрический метод измерения деформации - Самара: Издательство СГАУ, 2011 г.
4. Л.С. Ильинская, В.М. Иванов, В.В. Поднебеснов – Высоко-температурные тензорезисторы на основе жаростойких окислов. Москва: Энергия, 1973 г.
5. В.Г. Уфимцев, С.Н. Кириллов. - Инструкция по монтажу и наклейке тензорезисторов. Москва: Высокоточные измерения, 2024 г.

## **6 Оценочные материалы**

### **Билет 1**

1. Метод образования чертежей.
2. Однофазный переменный ток.
3. Требования к лакам и клеям.

### **Билет 2**

1. Закон Ома.
2. Техника безопасности на производстве.
3. Определение коэффициента тензочувствительности.

### **Билет 3**

1. Обозначение на чертежах сварки, пайки, клееных соединений.
2. Оборудование, инструмент и приспособления, применяемые при наклейке и сушке тензодатчиков.
3. Растворители и промывочные материалы.

### **Билет 4**

1. Приборы для измерения силы тока и напряжения.
2. Электродвигатели постоянного тока.
3. Техника безопасности на предприятии.

### **Билет 5**

1. Электрическая цепь.
2. Подготовка приборов к контролю.
3. Способы контроля тензодатчиков в процессе наклейки, сушки и тепловой обработки.

### **Билет 6**

1. Закон Ома.
2. Оборудование, инструмент и приспособления, применяемые при наклейке и сушке тензодатчиков.
3. Техника безопасности на предприятии.

### Билет 7

1. Клеи, применяемые при наклейке тензодатчиков.
2. Требования к клеям и правила их хранения.
3. Обозначение на чертежах сварки, пайки, клееных соединений.

### Билет 8

1. Электроизоляционные материалы.
2. Электрический ток.
3. Техника безопасности на предприятии.

### Билет 9

1. Обозначение на чертежах сварки, пайки, клееных соединений.
2. Оборудование, инструмент и приспособления, применяемые при наклейке и сушке тензодатчиков.
3. Растворители и промывочные материалы.

### Билет 10

1. Электрическая цепь.
2. Подготовка приборов к контролю.
3. Способы контроля тензодатчиков в процессе наклейки, сушки и тепловой обработки.

Директор  
ООО «Высокоточные измерения»



Уфимцев В.Г.