



**МИНИСТЕРСТВО ТРУДА И СОЦИАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**П Р И К А З**

15 сентября 2016г.

№ 520н


Москва

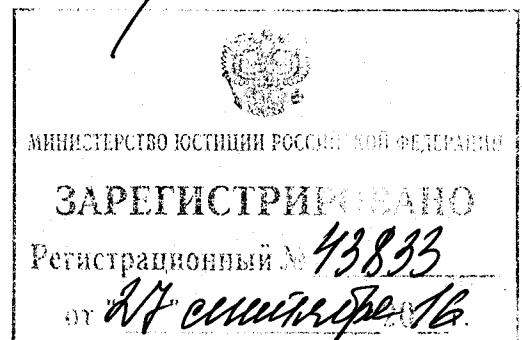
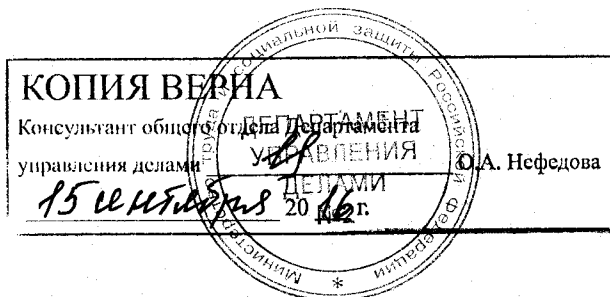
**Об утверждении профессионального стандарта  
«Специалист по технологии производства микро- и наноразмерных  
электромеханических систем»**

В соответствии с пунктом 16 Правил разработки и утверждения профессиональных стандартов, утвержденных постановлением Правительства Российской Федерации от 22 января 2013 г. № 23 (Собрание законодательства Российской Федерации, 2013, № 4, ст. 293; 2014, № 39, ст. 5266; 2016, № 21, ст. 3002), п р и к а з ы в а ю:

Утвердить прилагаемый профессиональный стандарт «Специалист по технологии производства микро- и наноразмерных электромеханических систем».

Министр

  
М.А. Топилин



УТВЕРЖДЕН  
приказом Министерства  
труда и социальной защиты  
Российской Федерации  
от «15» сентября 2016 г. № 520н

# ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ

## Специалист по технологии производства микро- и наноразмерных электромеханических систем

852

Регистрационный номер

### Содержание

I. Общие сведения.....	1
II. Описание трудовых функций, входящих в профессиональный стандарт (функциональная карта вида профессиональной деятельности) .....	2
III. Характеристика обобщенных трудовых функций.....	4
3.1. Обобщенная трудовая функция «Моделирование технологических модулей и процессов для производства микро- и наноразмерных электромеханических систем» .....	4
3.2. Обобщенная трудовая функция «Разработка технологической документации для производства микро- и наноразмерных электромеханических систем» .....	9
3.3. Обобщенная трудовая функция «Разработка маршрута изготовления микро- и наноразмерных электромеханических систем» .....	13
3.4. Обобщенная трудовая функция «Сопровождение производственного цикла изготовления микро- и наноразмерных электромеханических систем» .....	17
3.5. Обобщенная трудовая функция «Проведение экспериментальных исследований, модернизация технологического маршрута производства микро- и наноразмерных электромеханических систем».....	25
IV. Сведения об организациях – разработчиках профессионального стандарта .....	30

### I. Общие сведения

Технология производства микро- и наноразмерных электромеханических систем (наименование вида профессиональной деятельности)	29.008
	Код

Основная цель вида профессиональной деятельности:

Разработка, поддержание и развитие технологического процесса производства микро- и наноразмерных электромеханических систем

Группа занятий:

2111	Физики и астрономы	2141	Инженеры в промышленности и на производстве
2144	Инженеры-механики	2152	Инженеры-электроники
(код ОКЗ <sup>1</sup> )	(наименование)	(код ОКЗ)	(наименование)

Отнесение к видам экономической деятельности:

26.11	Производство элементов электронной аппаратуры
26.5	Производство контрольно-измерительных и навигационных приборов и аппаратов; производство часов
72.1	Научные исследования и разработки в области естественных и технических наук
(код ОКВЭД <sup>2</sup> )	(наименование вида экономической деятельности)

## II. Описание трудовых функций, входящих в профессиональный стандарт (функциональная карта вида профессиональной деятельности)

Обобщенные трудовые функции		Трудовые функции			
код	наименование	уровень квалификации	наименование	код	уровень (подуровень) квалификации
А	Моделирование технологических модулей и процессов для производства микро- и наноразмерных электромеханических систем	6	Анализ конструкций и технологий изготовления микро- и наноразмерных электромеханических систем по существующим источникам информации	A/01.6	6
			Определение этапов изготовления электромеханической системы, формирование перечня оборудования и последовательности необходимых для ее изготовления технологических модулей и единичных операций	A/02.6	6
В	Разработка технологической документации для производства микро- и наноразмерных электромеханических систем	6	Моделирование и расчет требуемых входных и выходных параметров технологических операций	A/03.6	6
			Разработка методик аттестации технологических процессов, методик входного и выходного межоперационного контроля при производстве микро- и наноразмерных электромеханических систем	B/01.6	6
			Составление операционных и маршрутных технологических карт	B/02.6	6
С	Разработка маршрута изготовления микро- и наноразмерных электромеханических систем	7	Разработка регламентов мероприятий по анализу и устранению причин брака	B/03.6	6
			Разработка и утверждение технического задания на разработку маршрута и комплекта технологической документации	C/01.7	7
			Экспериментальная проверка процессов, микро-маршрутов и объединение их в общий маршрут изготовления микро- и наноразмерных электромеханических систем	C/02.7	7
			Формирование и утверждение комплекта	C/03.7	7

			технологической документации на маршрут изготовления микро- и наноразмерных электромеханических систем			
D	Сопровождение производственного цикла изготовления микро- и наноразмерных электромеханических систем	7	Мониторинг технологических процессов производства микро- и наноразмерных электромеханических систем Организация и проведение мероприятий по обеспечению производства микро- и наноразмерных электромеханических систем необходимой оснасткой и расходными материалами Анализ и устранение причин отклонений выходных параметров технологической операции Подготовка технических решений по оптимизации технологического процесса изготовления микро- и наноразмерных электромеханических систем Осуществление контроля соблюдения технологической дисциплины на производственных участках	D/01.7 D/02.7 D/03.7 D/04.7 D/05.7	7 7 7 7 7	
E	Проведение экспериментальных исследований, модернизация технологического маршрута производства микро- и наноразмерных электромеханических систем	7	Организация и проведение экспериментальных исследований технологических модулей и процессов Выполнение мероприятий по внедрению разработанных процессов и маршрутов в серийное производство Планирование работ по переснащению производственных участков новыми технологическим и аналитическим оборудованием, оснасткой и материалами	E/01.7 E/02.7 E/03.7	7 7 7	

### III. Характеристика обобщенных трудовых функций

#### 3.1. Обобщенная трудовая функция

Наименование	Моделирование технологических модулей и процессов для производства микро- и наноразмерных электромеханических систем	Код	A	Уровень квалификации	6
--------------	--	-----	---	----------------------	---

Происхождение обобщенной трудовой функции	Оригинал	X	Заимствовано из оригинала		
				Код оригинала	Регистрационный номер профессионального стандарта

Возможные наименования должностей, профессий	Инженер-электроник по моделированию
--	-------------------------------------

Требования к образованию и обучению	Высшее образование – бакалавриат
Требования к опыту практической работы	-
Особые условия допуска к работе	Прохождение обязательных предварительных (при поступлении на работу) и периодических медицинских осмотров (обследований), а также внеочередных медицинских осмотров (обследований) в порядке, установленном законодательством Российской Федерации <sup>3</sup> Инструктаж по охране труда <sup>4</sup>
Другие характеристики	Дополнительные профессиональные программы – программы повышения квалификации по профилю деятельности

Дополнительные характеристики:

Наименование документа	Код	Наименование базовой группы, должности (профессии) или специальности
ОКЗ	2111	Физики и астрономы
	2141	Инженеры в промышленности и на производстве
	2144	Инженеры-механики
	2152	Инженеры-электроники
ЕКС <sup>5</sup>	-	Инженер-технолог (технолог)
ОКПДТР <sup>6</sup>	22854	Инженер-технолог
	22864	Инженер-электроник
ОКСО <sup>7</sup>	150600	Материаловедение и технология новых материалов
	210100	Электроника и микроэлектроника
	210108	Микросистемная техника
	210200	Проектирование и технология электронных средств
	210600	Нанотехнология

## 3.1.1. Трудовая функция

Наименование	Анализ конструкций и технологий изготовления микро- и наноразмерных электромеханических систем по существующим источникам информации	Код	A/01.6	Уровень (подуровень) квалификации	6
--------------	--	-----	--------	-----------------------------------	---

Происхождение трудовой функции

Оригинал	X	Заемствовано из оригинала		
		Код оригинала	Регистрационный номер профессионального стандарта	

Трудовые действия	Поиск и систематизация научных сведений о конструкциях, материалах, маршрутах изготовления и оборудовании, используемых для создания микро- и наноразмерных электромеханических систем
	Сопоставление характеристик и параметров существующих конструкций микро- и наноразмерных электромеханических систем и используемых в них материалов, необходимых для их изготовления технологических процессов и оборудования
	Разработка технико-экономического обоснования выбора аналога создаваемых микро- и наноразмерных электромеханических систем
	Проведение сравнительной технико-экономической оценки тактико-технических параметров и эксплуатационных показателей выбранных структурных и принципиальных схем конструктивных решений микро- и наноразмерных электромеханических систем
	Анализ физических и технологических принципов, заложенных в конструкцию электромеханической системы
	Анализ существующих методов и маршрутов формирования микро- и наноструктур, входящих в конструкцию микро- и наноразмерных электромеханических систем, а также свойств материалов и их комбинаций, входящих в конструкцию и определяющих работу
	Разработка требований к физико-технологическим и конструктивным характеристикам элементов конструкции микро- и наноразмерных электромеханических систем
Необходимые умения	Работать с печатными и электронными источниками информации
	Обрабатывать и систематизировать полученную информацию по микро- и наноразмерным электромеханическим системам
	Определять перспективные направления научных исследований и разработок, связанных с созданием микро- и наноразмерных электромеханических систем
	Выявлять наиболее важные параметры и характеристики перспективных конструкций, материалов, технологических процессов и оборудования
	Формулировать критерии сравнения существующих и перспективных конструкций, материалов, технологических процессов и оборудования, используемых в производстве микро- и наноразмерных электромеханических систем
	Анализировать конструкцию и технологию изготовления микро- и наноразмерных электромеханических систем, выявлять проблемные элементы и участки
Необходимые знания	Структура существующих конструкций и технологических процессов производства микро- и наноразмерных электромеханических систем

	Мировые достижения в области разработки и производства микро- и наноразмерных электромеханических систем
	Характеристики продукции лидеров в области производства микро- и наноразмерных электромеханических систем
	Базовые технологические процессы, оборудование и маршруты изготовления микро- и наноразмерных электромеханических систем
	Методы, маршруты и средства приборно-технологического моделирования технологических процессов, модулей и маршрутов изготовления микро- и наноразмерных электромеханических систем
	Методы расчета, проектирования, конструирования и модернизации микро- и наноразмерных электромеханических систем с использованием систем автоматизированного проектирования и компьютерных средств
	Методики проектирования сложных микро- и наноразмерных электромеханических систем
	Технический английский язык в области нано- и микросистемной техники
	Требования системы экологического менеджмента и системы менеджмента производственной безопасности и здоровья
Другие характеристики	-

### 3.1.2. Трудовая функция

Наименование	Определение этапов изготовления электромеханической системы, формирование перечня оборудования и последовательности необходимых для ее изготовления технологических модулей и единичных операций	Код	A/02.6	Уровень (подуровень) квалификации	6
--------------	--	-----	--------	-----------------------------------	---

Происхождение  
трудовой функции

Оригинал	X	Заимствовано из оригинала		
----------	---	---------------------------	--	--

Код оригинала

Регистрационный  
номер  
профессионального  
стандарта

Трудовые действия	Анализ требований к физико-технологическим и конструктивным характеристикам элементов конструкции микро- и наноразмерных электромеханических систем
	Классификация и группирование объектов производства микро- и наноразмерных электромеханических систем
	Количественная оценка групп объектов производства микро- и наноразмерных электромеханических систем
	Выбор базового типового технологического процесса изготовления микро- и наноразмерных электромеханических систем
	Выбор технологической базы для производства микро- и наноразмерных электромеханических систем
	Разработка описания основных этапов изготовления, а также набора необходимых для производства микро- и наноразмерных электромеханических систем базовых технологических модулей и групп единичных технологических операций, входящих в их состав
	Разработка технического задания на проведение работ по моделированию технологических операций, модулей и маршрута изготовления микро- и

	наноразмерных электромеханических систем
Необходимые умения	Собирать и анализировать научно-техническую информацию по используемым конструкциям микро- и наноразмерных электромеханических систем, принципам их работы, используемым материалам и методам изготовления
	Разрабатывать рабочие планы и программы проведения конструкторско-технологических исследований
	Определять цели и формулировать задачи моделирования и разработки технологических процессов, технологических модулей и маршрутов изготовления микро- и наноразмерных электромеханических систем
	Разрабатывать технические задания на исследования и разработку технологических модулей и процессов производства микро- и наноразмерных электромеханических систем
	Работать в составе проектной группы
	Определять вид, порядок проведения и основные технологические параметры операций
	Готовить научно-технические отчеты, публикации по результатам выполненных исследований
	Готовить материалы по защите объектов интеллектуальной собственности
Необходимые знания	Базовые принципы функционирования и конструкции типовых микро- и наноразмерных электромеханических систем
	Основы материаловедения
	Основы микромеханики и сопромата
	Принципы работы и возможности оборудования, используемого при производстве микро- и наноразмерных электромеханических систем
	Базовые технологические процессы и маршруты изготовления микро- и наноразмерных электромеханических систем
	Физико-химические процессы, заложенные в основу базовых технологических операций, основные входные и выходные параметры технологических операций, используемых при производстве микро- и наноразмерных электромеханических систем
	Основные свойства материалов, используемых в типовых конструкциях микро- и наноразмерных электромеханических систем
	Методы расчета параметров и основных характеристик моделей, используемых при проектировании микро- и наноразмерных электромеханических систем
	Основные программные комплексы, используемые для моделирования технологических процессов и маршрутов создания микро- и наноразмерных электромеханических систем
	Технический английский язык в области нано- и микросистемной техники
Требования системы экологического менеджмента и системы менеджмента производственной безопасности и здоровья	
Другие характеристики	-



## 3.1.3. Трудовая функция

Наименование	Моделирование и расчет требуемых входных и выходных параметров технологических операций	Код	A/03.6	Уровень (подуровень) квалификации	6
--------------	---	-----	--------	-----------------------------------	---

Происхождение трудовой функции	Оригинал	X	Заимствовано из оригинала		
				Код оригинала	Регистрационный номер профессионального стандарта

Трудовые действия	Анализ технологической документации и выделение структурообразующих операций, групп операций или технологических блоков
	Формирование модели технологического маршрута в среде приборно-технологического моделирования
	Калибровка параметров моделей технологических операций по имеющимся экспериментальным данным в соответствии с требованиями технического задания
	Анализ результатов моделирования и подготовка рекомендаций по последовательностям и режимам технологических операций
	Разработка технических требований к характеристикам функциональных слоев, параметрам функциональных элементов, входным и выходным параметрам технологических модулей и операций
	Формулирование целей и задач проведения работ по экспериментальной разработке технологических процессов производства микро- и наноразмерных электромеханических систем
	Разработка технического задания на разработку маршрутных и операционных карт производства микро- и наноразмерных электромеханических систем на основе проведенного анализа и данных моделирования
Необходимые умения	Составлять технологический маршрут на языке высокого уровня соответствующей системы автоматизированного проектирования
	Визуализировать результаты моделирования
	Производить калибровку параметров моделей технологических операций
	Анализировать результаты моделирования и готовить рекомендации по экспериментальной отработке технологических режимов
	Выбирать методики и средства моделирования технологических процессов
	Производить компьютерное моделирование базовых технологических процессов, используемых для изготовления микро- и наноразмерных электромеханических систем
	Использовать функциональные возможности программных пакетов систем приборно-технологического моделирования
	Разрабатывать рабочие планы и программы проведения конструкторско-технологических исследований
	Разрабатывать технические задания на экспериментальную разработку технологических процессов производства микро- и наноразмерных электромеханических систем
Составлять научно-технические отчеты, публикации по результатам выполненных исследований	
Необходимые знания	Методы, маршруты и средства приборно-технологического моделирования технологических процессов, модулей и маршрутов изготовления микро- и наноразмерных электромеханических систем

	Структура существующих конструкций микро- и наноразмерных электромеханических систем
	Мировые достижения в области разработки и производства микро- и наноразмерных электромеханических систем
	Методики и приемы научного исследования
	Базовые технологические процессы, оборудование и маршруты изготовления микро- и наноразмерных электромеханических систем
	Научные направления развития разработки, производства и применения микро- и наноразмерных электромеханических систем
	Методики проектирования сложных технических микро- и наноразмерных электромеханических систем
	Методики расчета экономической эффективности технологических микро- и наноразмерных электромеханических процессов
	Технический английский язык в области нано- и микросистемной техники
	Требования системы экологического менеджмента и системы менеджмента производственной безопасности и здоровья
Другие характеристики	-

### 3.2. Обобщенная трудовая функция

Наименование	Разработка технологической документации для производства микро- и наноразмерных электромеханических систем	Код	В	Уровень квалификации	6
--------------	--	-----	---	----------------------	---

Происхождение обобщенной трудовой функции	Оригинал	X	Заимствовано из оригинала		
				Код оригинала	Регистрационный номер профессионального стандарта

Возможные наименования должностей, профессий	Инженер-электроник по разработке технологической документации
--	---

Требования к образованию и обучению	Высшее образование – бакалавриат
Требования к опыту практической работы	Не менее одного года на инженерно-технических должностях в области производства микро- и наноэлектронных устройств
Особые условия допуска к работе	Прохождение обязательных предварительных (при поступлении на работу) и периодических медицинских осмотров (обследований), а также внеочередных медицинских осмотров (обследований) в порядке, установленном законодательством Российской Федерации Инструктаж по охране труда
Другие характеристики	Дополнительные профессиональные программы – программы повышения квалификации по профилю деятельности

## Дополнительные характеристики:

Наименование документа	Код	Наименование базовой группы, должности (профессии) или специальности
ОКЗ	2111	Физики и астрономы
	2141	Инженеры в промышленности и на производстве
	2144	Инженеры-механики
	2152	Инженеры-электроники
ЕКС	-	Инженер-технолог (технолог)
ОКПДТР	22854	Инженер-технолог
	22864	Инженер-электроник
ОКСО	150600	Материаловедение и технология новых материалов
	210100	Электроника и микроэлектроника
	210108	Микросистемная техника
	210200	Проектирование и технология электронных средств
	210600	Нанотехнология

## 3.2.1. Трудовая функция

Наименование	Разработка методик аттестации технологических процессов, методик входного и выходного межоперационного контроля при производстве микро- и наноразмерных электромеханических систем	Код	V/01.6	Уровень (подуровень) квалификации	6
--------------	--	-----	--------	-----------------------------------	---

Происхождение трудовой функции

Оригинал	X	Заимствовано из оригинала		
		Код оригинала	Регистрационный номер профессионального стандарта	

Трудовые действия	Анализ технического задания по параметрам исходных материалов и выполнения отдельных операций при изготовлении микро- и наноразмерных электромеханических систем
	Разработка методик входного контроля функциональных и технологических слоев, используемых в производстве микро- и наноразмерных электромеханических систем: подложек, металлов, диэлектриков
	Разработка методик межоперационного контроля на тестовых структурах и элементах микро- и наноразмерных электромеханических систем
	Разработка методик выходного контроля на тестовых структурах микро- и наноразмерных электромеханических систем
	Формирование базы данных всех видов контроля
	Статистическая обработка данных контроля с оформлением протоколов и заключений
Необходимые умения	Работать на оборудовании входного, межоперационного и выходного контроля при производстве микро- и наноразмерных электромеханических систем
	Анализировать результаты методик входного, выходного, межоперационного контроля и готовить рекомендации по экспериментальной отработке технологических режимов

	Выбирать методики входного, выходного, межоперационного контроля процесса моделирования технологических процессов
	Разрабатывать рабочие планы и программы проведения входного, выходного, межоперационного контроля процесса моделирования технологических микро- и наноразмерных электромеханических процессов
Необходимые знания	Методы измерения параметров микро- и наноразмерных электромеханических систем
	Методы контроля операционных параметров технологических микро- и наноразмерных электромеханических процессов
	Методы исследования характеристик функциональных элементов и слоев микро- и наноразмерных электромеханических систем
	Технический английский язык в области нано- и микросистемной техники
	Требования системы экологического менеджмента и системы менеджмента производственной безопасности и здоровья
Другие характеристики	-

### 3.2.2. Трудовая функция

Наименование	Составление операционных и маршрутных технологических карт	Код	V/02.6	Уровень (подуровень) квалификации	6
--------------	--	-----	--------	-----------------------------------	---

Происхождение трудовой функции

Оригинал	X	Заимствовано из оригинала		
----------	---	---------------------------	--	--

Код оригинал: \_\_\_\_\_  
 Регистрационный номер профессионального стандарта: \_\_\_\_\_

Трудовые действия	Анализ конструкторской документации и определение объема выпуска изделий
	Обработка технологичности микро- и наноразмерных электромеханических систем
	Выбор технологической базы микро- и наноразмерных электромеханических систем
	Составление маршрутного, операционного и маршрутно-операционного описаний
	Согласование и утверждение маршрута изготовления микро- и наноразмерных электромеханических систем
	Указание требований охраны труда и охраны окружающей среды
	Расчет норм времени на проведение технологических операций и вспомогательных действий
	Оформление технологического процесса на бланках установленной формы и в автоматизированной системе управления производством
Необходимые умения	Работать с нормативной и конструкторской документацией
	Работать в системе автоматизации проектирования подготовки технической документации для производства микро- и наноразмерных электромеханических систем
	Работать в автоматизированной системе управления производством микро- и наноразмерных электромеханических систем
Необходимые знания	Требования стандартов по разработке документации на составление операционных и маршрутных технологических карт
	Технические требования, предъявляемые к изготавливаемым изделиям