



---

<http://LLL21.petrso.ru>

<http://petrsu.ru>

**Издатель**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Петрозаводский государственный университет»,  
Российская Федерация, г. Петрозаводск, пр. Ленина, 33

Научный электронный ежеквартальный журнал  
**НЕПРЕРЫВНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ: XXI ВЕК**

Выпуск 3 (7).  
Autumn 2014

**Главный редактор**  
И. А. Колесникова

**Редакционный совет**

О. Грауманн  
Е. В. Игнатович  
В. В. Сериков  
С. В. Сигова  
И. З. Сковородкина  
Е. Э. Смирнова  
И. И. Сулима

**Редакционная коллегия**

Т. А. Бабакова  
Е. В. Борзова  
А. Виегерова  
С. А. Дочкин  
А. Клим-Климашевска  
Е. А. Маралова  
А. В. Москвина  
А. И. Назаров  
Е. Рангелова  
А. П. Сманцер

**Служба поддержки**

А. Г. Марахтанов  
Е. Ю. Ермолаева  
Т. А. Каракан  
Е. В. Петрова  
Ю. Ю. Васильева  
Е. Н. Воротилина

**ISSN 2308-7234**

Свидетельство о регистрации СМИ Эл. № **ФС77-57767** от 18.04.2014

**Адрес редакции**

185910 Республика Карелия, г. Петрозаводск, пр. Ленина, 33, каб. 254а  
Электронная почта: LLL21@petrsu.ru

**ЕРШОВА Наталья Юрьевна**

кандидат физико-математических наук, доцент  
кафедры информационно-измерительных систем  
и физической электроники ФГБ ВПО «Петрозаводский государственный университет» (Петрозаводск)

*Ershova@petsu.ru*

**ЕКИМОВА Татьяна Анатольевна**

кандидат физико-математических наук, ФГБ  
ВПО «Петрозаводский государственный университет» (Петрозаводск)

*dery@psu.karelia.ru*

## **МЕТОДИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИННОВАЦИОННОЙ ПРОГРАММЫ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ ДЛЯ НАНОИНДУСТРИИ**

**Аннотация:** в статье рассмотрена методика проектирования инновационной программы дополнительного профессионального образования в области наноиндустрии. Авторами использованы методы социально-педагогического анализа и проектирования. Описаны следующие этапы проектирования программы ДПО: предварительный и углубленный анализ трудовых функций, изучение квалификационных дефицитов потенциальных заказчиков программы, согласования перечня профессиональных компетенций для каждой целевой группы с заказчиком программы, проектирование единой матрицы компетенций, определение структуры, содержания и технологий обучения. На предварительном этапе разработки программы в качестве информационной базы использованы результаты работы фокус-группы, в состав которой вошли представители руководящего звена компании-заказчика программы, а также результаты анализа должностных инструкций соответствующих специалистов. Углубленный анализ трудовых функций и изучение квалификационных дефицитов соотнесены с перспективами развития предприятия. Уточнены кратко- и среднесрочные планы развития технологической базы предприятия; определены новые и модернизированные трудовые функции; определены дополнительные профессиональные компетенции, позволяющие устойчиво и эффективно выполнять новые трудовые функции. На этом этапе авторами рекомендуется проводить структурно-функциональный анализ видов деятельности, характерных для выявленных целевых групп, анкетирование широкого круга респондентов. Дальнейшее ранжирование позволяет уточнить трудовые функции и запросы предприятия, сформировав профессиональные компетенции по целевым группам. Этап согласования перечня профессиональных компетенций для каждой целевой группы с потенциальным заказчиком программы требует формулировки методов, форм и адекватных показателей оценки компетенций. После определения единой матрицы компетенций формируется дифференцированный комплекс профессиональных компетенций для каждой из целевых групп, проектируется структура программы, содержание и технологии обучения. Предложенная в статье методика проектирования программы дополнительного профессионального образования может быть использована в сфере кадрового развития наноиндустрии. *Статья подготовлена в рамках реализации комплекса мероприятий Петрозаводского государственного университета с Фондом инфраструктурных и образовательных программ РОСНАНО по разработке и апробации дополнительной профессиональной программы повышения квалификации «Современные технологии проектирования, разработки, сборки, корпусирования и тестирования интегральных микросхем с топологическими нормами 45 нм».*

**Ключевые слова:** наноиндустрия, непрерывное образование инженерных кадров, программа дополнительного профессионального образования, матрица компетенций.

## THE METHODS OF DESIGNING AN INNOVATIVE PROGRAM OF CONTINUING PROFESSIONAL EDUCATION FOR THE NANOTECH INDUSTRY

Ershova N.  
Ekimova T.

**Abstract:** the article examines the technique for the development of an innovative program of continuing professional education (CPE) in the nanotechnology field. The authors use the methods of social and pedagogical analysis and design. The paper describes the following stages of the CPE program development: preliminary and in-depth analysis of job descriptions, the research of existing qualification deficits, the coordination of a list of professional competencies for each target group with a program customer, the elaboration of an integrated matrix of competencies, the specification of the education structure, content, and technology.

At the preliminary stage of the program development, the authors use the focus group results as the information base. The focus group consists of the senior representatives of the program customer company. Besides, the authors analyze the job descriptions of certain professionals.

Furthermore, the authors relate in-depth analysis of job descriptions and the study of the qualification deficits to the development prospects of the company. They specify short-term and medium-term plans for the development of the company's technological base, determine new and updated job descriptions, identify additional professional competencies allowing employees to perform their duties steady and effectively. At this stage, the authors recommend structural and functional analysis of the types of activities specific to the identified target groups as well as questionnaire surveys involving a wide range of respondents. From then on, it is possible to specify job descriptions and the company requirements by setting professional competencies for the target groups.

The next stage (coordination of a list of professional competencies for each target group with a program customer) requires identification of the methods, forms, and appropriate markers for the assessment of competencies. After the elaboration of an integrated matrix of competencies, a differentiated array of competencies is to be developed for each of target groups. Then, the authors design the education structure, content, and technology. The development technique for an innovative program of continuing professional education described in the presented article may be used in HR-development of the nanotech industry.

**Key words:** nanotech industry, continuing education of engineers, program of continuing professional education, matrix of competencies.

Актуальность разработки программы дополнительного профессионального образования для наноиндустрии обусловлена как широким распространением современных технологий в области микроэлектроники за рубежом, так и недостатком компетенций у отечественных специалистов в этой области. Интенсивное развитие нанотехнологий в современном мире приводит к возникновению у работодателей запроса на формирование у работников предприятий микроэлектронной отрасли новых трудовых функций. Поскольку микроэлектроника является одной из самых высокотехнологичных и наукоемких отраслей промышленности, более 90 % инноваций, которые появляются в мире, создаются именно за счет развития микроэлектроники. Это одна из немногих отраслей эконо-

мики, развитие которой является обязательным условием конкурентоспособности и безопасности страны.

Нанотехнологии являются логическим продолжением и развитием микроэлектроники, ставшей основой для создания современной микроэлектроники. Методы проектирования наноразмерных микросхем существенно отличаются от ранее применявшихся методов проектирования электронных систем. Количество компонентов в современных интегральных схемах превышает сотни миллионов, а типовые размеры приближаются к десяткам нанометров. В связи с этим проектирование наноразмерных микросхем невозможно без использования мощных вычислительных комплексов и сложнейших, как правило коммерческих, систем автоматизации проектирования (САПР). Поскольку создание наноразмерных интегральных микросхем – это сложный технологический процесс, включающий их проектирование, разработку, сборку, корпусирование и тестирование, от инженерных кадров требуется овладение комплексом принципиально новых компетенций. Большой парк нового производственного оборудования, используемого в данной сфере деятельности и поставляемого на предприятия страны в рамках программы инновационного развития, также требует расширенных навыков и знаний по его обслуживанию и эксплуатации. Таким образом, получается, что выпускники вузов имеют базовые знания, профессиональные компетенции (например, в области конструирования интегральных микросхем), но не имеют умений и опыта практической деятельности в области проектирования наноразмерных микросхем или адаптации технологического оборудования к новым условиям техпроцесса. Эти противоречия успешно снимаются в рамках программы дополнительного профессионального образования (ПДПО).

Рассмотрим методику проектирования ПДПО в области nanoиндустрии на примере программы повышения квалификации «Современные технологии проектирования, разработки, сборки, корпусирования и тестирования интегральных микросхем с топологическими нормами 45 нм». Эта программа была разработана коллективом преподавателей и сотрудников Петрозаводского государственного университета с привлечением сторонних специалистов и организаций в рамках проекта с Фондом инфраструктурных и образовательных программ РОСНАНО. Программа получила положительные экспертные заключения и в настоящее время проходит апробацию в компании ОАО «ДжиЭс-Нанотех» – одном из наиболее динамично развивающихся научно-производственных центров России, входящих в состав «Технополиса GS» – уникального частного инновационного кластера, действующего в свободной экономической зоне Калининградской области.

Поскольку «основной задачей дополнительного образования является непрерывное повышение квалификации работников в связи с постоянным совершенствованием условий профессиональной деятельности и социальной среды», то проектирование программы ДПО потребовало предварительной разработки программы исследования потребностей производственных компаний в квалификациях персонала [1, ст. 76, п. 1]. Основными задачами в ходе данного исследования стали:

- определение целевых групп персонала, подлежащего переквалификации;
- уточнение новых (или модернизированных) трудовых функций и соответствующих им компетенций в каждой целевой группе;
- установление квалификационных дефицитов<sup>1</sup> специалистов, которые будут направлены на обучение.

В процессе изучения потребностей компаний в квалификациях персонала были использованы количественные и качественные методы социологического исследования. К количественным методам относятся: социологический опрос, контент-анализ документов, метод интервью, наблюдение и эксперимент. Качественные методы социологии – это фокус-группа, исследование случая, этнографические исследования, неструктурированные интервью [3].

На предварительном этапе достаточно быстро получить качественную информационную базу исследования можно, проанализировав:

- профессиональные или отраслевые стандарты и должностные инструкции специалистов компании, являющейся потенциальным заказчиком программы ДПО;
- результаты фокус-группы, включающей руководящее звено компании-заказчика ПДПО.

В результате анализа профессиональных стандартов инженера-конструктора и инженера-технолога в области производства наногетероструктурных СВЧ-монокристаллических интегральных схем [4, 5]; должностных инструкций инженера-конструктора, инженера по наладке и эксплуатации оборудования, инженера-технолога, инженера-тестировщика компании ОАО «ДжиЭс-Нанотех» разработчиками ПДПО первоначально были выявлены две целевые группы слушателей программы. Ими оказались инженеры-разработчики структуры и топологии интегральных микросхем и инженеры-технологи сборки, корпусирования и тестирования интегральных микросхем.

Для углубленного анализа трудовых функций и изучения квалификационных дефицитов дополнительно оказалось необходимым:

- ознакомиться с планами развития предприятия;
- уточнить кратко- и среднесрочные перспективы модернизации технологической базы, конкретизирующие производственную стратегию предприятия;
- выявить новые и/или усовершенствовать имеющиеся трудовые функции, необходимые для обеспечения эффективных разработки, внедрения и сопровождения новых технологических процессов, производств и оборудования;
- определить дополнительные профессиональные компетенции, позволяющие устойчиво и эффективно выполнять новые трудовые функции.

В ходе выполнения указанных работ рекомендуется проводить структурно-функциональный анализ видов деятельности, характерных для выявленных целевых групп [6]. Результаты его реализации для группы инженеров-технологов сборки, корпусирования и тестирования интегральных микросхем приведены в таблице 1. Анализ трудовых функций целевых групп позволяет

---

<sup>1</sup> Квалификационный дефицит – разница между тем, что востребовано рабочим местом, и тем, чем оснащен в настоящий момент человек, обслуживающий данное рабочее место [2].

уточнить как названия групп обучающихся, так и их новые (модернизированные) трудовые функции.

Таблица 1

**Структурно-функциональный анализ деятельности слушателей программы в рамках целевой группы (инженеры-технологи сборки, корпусирования и тестирования интегральных микросхем)**

ВПД	Декомпозиция ВПД на ОТФ	Декомпозиция ОТФ на трудовые функции	Декомпозиция ТФ на трудовые действия
Сопровождение технологических процессов производства наноразмерных интегральных микросхем	1. Обеспечение технологического процесса производства наноразмерных интегральных микросхем в соответствии с технологической документацией	1.1. Осуществлять технологический процесс сборки и корпусирования наноразмерных интегральных микросхем и правильную эксплуатацию технологического оборудования	1.1.1. Проводить плановую аттестацию оборудования
			1.1.2. Контролировать деятельность операторов технологических операций сборки и корпусирования наноразмерных интегральных микросхем
			1.1.3. Проводить статистический анализ технологических параметров операций сборки и корпусирования наноразмерных интегральных микросхем
			1.1.4. Определять и устранять причины отклонения параметров технологических операций сборки и корпусирования наноразмерных интегральных микросхем от регламентированных
		1.2. Проводить тестирование изготовленных наноразмерных интегральных микросхем и реализовывать мероприятия по устранению причин брака выпускаемой продукции	1.2.1. Определять посредством анализа результатов теста отклонения выходных параметров наноразмерных интегральных микросхем
			1.2.2. Подготавливать рекомендации по устранению причин отклонения выходных параметров наноразмерных интегральных микросхем на основе анализа результатов проведенных тестов
			1.2.3. Вносить изменения в технологический процесс по сборке и корпусированию наноразмерных интегральных микросхем в соответствии с рекомендациями
		1.3. Обеспечивать технологический процесс сборки, корпусирования и тестирования наноразмерных интегральных	1.3.1. Рассчитывать потребления материалов для каждой технологической операции
			1.3.2. Определять потребности в материалах для обеспечения технологического процесса сборки, корпусирования и тести-

		<p>микросхем необходимыми оборудованием, расходными материалами</p>	<p>рования</p> <p>1.3.3. Определять технические требования на модернизацию действующего или закупку нового технологического оборудования</p> <p>1.3.4. Составлять заявки на приобретение необходимых расходных материалов и/или оборудования в соответствующую службу предприятия</p> <p>1.3.5. Контролировать выполнение заявленных технических требований на приобретение необходимых расходных материалов и/или оборудования</p>
	<p>2. Разработка и внедрение современных технологических процессов, освоение нового оборудования для производства наноразмерных интегральных микросхем</p>	<p>2.1. Разрабатывать технологический процесс сборки и корпусирования наноразмерных интегральных микросхем и внедрять их в производство</p> <p>2.2. Проводить работы по освоению нового оборудования для сборки, корпусирования и тестирования наноразмерных интегральных</p>	<p>2.1.1. Проводить исследование возможностей технологического оборудования при разных режимах технологического процесса</p> <p>2.1.2. Рассчитывать режимы технологического процесса по сборке и корпусированию наноразмерных интегральных микросхем</p> <p>2.1.3. Осуществлять тестовый запуск и технологическое сопровождение экспериментальной партии</p> <p>2.1.4. Осуществлять поэтапный контроль технологических параметров изготавливаемых наноразмерных интегральных микросхем</p> <p>2.1.5. Проводить тестирование опытного образца наноразмерной интегральной микросхемы</p> <p>2.1.6. При необходимости по результатам тестирования проводить корректировку технологических режимов процесса по сборке и корпусированию наноразмерных интегральных микросхем</p> <p>2.2.1. Проводить анализ оборудования, имеющегося на мировом рынке или в продаже</p> <p>2.2.2. Формировать технические требования на модернизацию действующего или закупку нового технологического оборудования с учетом технологичности</p>

		микросхем	и минимизации затрат на производство продукции
			2.2.3. Проходить обучение у поставщика оборудования
			2.2.4. Разрабатывать режимы технологического процесса по сборке, корпусированию и тестированию интегральных микросхем на новом оборудовании
			2.2.5. Осуществлять подготовку исполнителей к работе на новом технологическом оборудовании
		2.3. Разрабатывать технологическую документацию на технологические процессы по сборке, корпусированию и тестированию наноразмерных интегральных микросхем	2.3.1. Разрабатывать операционные универсальные карты на каждую технологическую операцию
			2.3.2. Разрабатывать формы карт сбора информации (КСИ) по технологическим операциям
			2.3.3. Разрабатывать маршруты изготовления наноразмерных интегральных схем
			2.3.4. Составлять планы технологического контроля оборудования
			2.3.5. Оформлять технологическую документацию на технологические процессы и проводить согласование ее в соответствии с установленными регламентами
	3. Разработка и внедрение предложений по повышению качества выпускаемых наноразмерных интегральных микросхем	3.1. Разрабатывать методики входного, межоперационного и выходного контроля при производстве интегральных микросхем	3.1.1. Анализировать техническое задание в части требований к параметрам исходных материалов и выполнения отдельных операций при производстве интегральных микросхем
			3.1.2. Разрабатывать методики входного контроля материалов, используемых в производстве интегральных микросхем
			3.1.3. Разрабатывать методики межоперационного контроля при производстве интегральных микросхем
			3.1.4. Разрабатывать методики выходного контроля изготовленных интегральных микросхем
		3.2. Проводить входной, межоперационный и выходной контроль при производстве	3.1.5. Осуществлять руководство проведением всех видов контроля
			3.1.6. Проводить статистическую обработку данных контроля с

		наноразмерных интегральных микросхем	оформлением протоколов и заключений
		3.3. Организовывать работу по повышению выхода годных наноразмерных интегральных микросхем и разработке ТЗ для корректировки технологических операций	3.3.1. Проводить анализ отклонений от регламентированных значений выходных параметров микросхем по результатам тестовых испытаний
			3.3.2. Составлять программы дополнительных исследований и измерений (при необходимости)
			3.3.3. Разрабатывать рекомендации по устранению причин отклонений параметров и брака интегральных микросхем
			3.3.4. Разрабатывать технические задания для корректировки технологических операций и других мероприятий на основе анализа причин отклонений параметров
4. Руководство деятельностью подчиненных инженеров-технологов	4.1. Осуществлять подготовку исполнителей к работе на технологическом оборудовании, выполнению технологических операций по сборке, корпусированию и тестированию наноразмерных интегральных микросхем		4.1.1. Проводить обучение исполнителей работе на технологическом оборудовании
			4.1.2. Оценивать правильность действий исполнителей при выполнении технологической операции сборки, корпусирования и тестирования наноразмерных интегральных микросхем
	4.2. Организовывать деятельность подчиненных		4.2.1. Организовывать изучение технологических задач и выполнение плановых работ подчиненными
			4.2.2. Проводить производственные совещания и оценку действий подчиненных по итогам работ
			4.2.3. Проводить анализ выполнения индивидуальных трудовых действий инженерами-технологами, имеющими более низкую квалификацию
	4.3. Осуществлять контроль соблюдения подчиненными требований техники безопасности и охраны		4.3.1. Выполнять действия по предупреждению нарушений техники безопасности на рабочем месте
			4.3.2. Оценивать действия подчиненных с точки зрения без-

		труда, экологической безопасности	опасности и охраны труда, экологической безопасности
			4.3.3. Принимать решения при нарушениях техники безопасности и охраны труда, экологической безопасности

В соответствие с логикой социологического исследования подтвердить или опровергнуть основные гипотезы о кадровых потребностях, выдвинутые по итогам проведения структурированного интервью, можно по результатам использования количественных методов, например, анкетированием более широкого, чем при реализации метода фокус-групп, круга респондентов: инженеров-конструкторов, инженеров-технологов, инженеров по оборудованию, руководителей среднего звена предприятия [3]. Применение одного из методов анализа социологических данных – ранжирования – в нашем опыте позволило уточнить трудовые функции по целевым группам и уточнить запросы предприятия, сформировав профессиональные компетенции (ПК) по целевым группам (см. табл. 2) [3].

Таблица 2

### Профессиональные компетенции по целевым группам обучающихся

Группа специалистов	№ ПК	Профессиональная компетенция
<b>1. Инженеры-разработчики структуры и топологии интегральных микросхем</b>	<b>ПК–1.1</b>	Проектировать топологию печатных плат 6-го класса точности с проектными нормами 45 нм, используя автоматизированные средства проектирования микросхем
	<b>ПК–1.2</b>	Оптимизировать процесс проектирования микросхем с проектными нормами 45 нм, используя методы инженерного творчества
	<b>ПК–1.3</b>	Разрабатывать файлы для электронной литографии и изготовления фотошаблонов, используя автоматизированные средства проектирования микросхем
	<b>ПК–1.4</b>	Конструировать интегральные микросхемы с проектными нормами 45 нм в соответствии с техническим заданием, используя средства автоматизации проектирования
	<b>ПК–1.5</b>	Подготавливать конструкторскую документацию для запуска интегральных микросхем с проектными нормами 45 нм в производство, используя средства автоматизации проектирования и руководствуясь СМК предприятия
<b>2. Инженеры-технологи сборки, корпусирования и тестирования интегральных микросхем</b>	<b>ПК–2.1</b>	Осуществлять технологический процесс сборки и корпусирования интегральных микросхем с проектными нормами 45 нм
	<b>ПК–2.2</b>	Проводить тестирование интегральных микросхем с проектными нормами 45 нм
	<b>ПК–2.3</b>	Устранять причины брака интегральных микросхем с проектными нормами 45 нм по результатам их тестирования на основе СМК предприятия

	<b>ПК–2.4</b>	Разрабатывать технологическую документацию на технологический процесс сборки, корпусирования и тестирования интегральных микросхем с проектными нормами 45 нм
	<b>ПК–2.5</b>	Осваивать новое оборудование для сборки, корпусирования и тестирования интегральных микросхем с проектными нормами 45 нм, руководствуясь СМК предприятия
	<b>ПК–2.6</b>	Разрабатывать методики и осуществлять входной, межоперационный и выходной контроль при производстве интегральных микросхем с проектными нормами 45 нм по разработанным методикам
	<b>ПК–2.7</b>	Организовывать работу по повышению выхода годных интегральных микросхем с проектными нормами 45 нм, в том числе разрабатывать ТЗ для корректировки технологических операций, используя методы инженерного творчества
<b>3. Инженеры–разработчики устройств на основе программируемых логических интегральных схем (ПЛИС)</b>	<b>ПК–3.1</b>	Конструировать устройство на основе ПЛИС в соответствии с техническим заданием, используя автоматизированные средства проектирования и методы инженерного творчества
	<b>ПК–3.2</b>	Моделировать функциональные модули устройства на основе ПЛИС, используя автоматизированные средства проектирования и моделирования
	<b>ПК–3.3</b>	Разрабатывать функциональные тесты для устройства на основе ПЛИС
	<b>ПК–3.4</b>	Разрабатывать методики испытаний, контроля и отбраковки устройства на основе ПЛИС, руководствуясь СМК предприятия
<b>4. Инженеры-разработчики по синтезу и анализу новых полупроводниковых материалов, функциональных устройств на их основе</b>	<b>ПК–4.1</b>	Готовить отчетные документы на основании выполненного обзора и анализа научно-технической информации по синтезу и анализу новых полупроводниковых материалов и возможных областей их применения
	<b>ПК–4.2</b>	Выполнять научно-исследовательские работы по синтезу и анализу новых полупроводниковых материалов
	<b>ПК–4.3</b>	Проводить опытно-технологические работы полного цикла по созданию опытных образцов функциональных устройств на базе новых полупроводниковых материалов
	<b>ПК–4.4</b>	Проводить тестирование опытных образцов функциональных устройств на базе новых полупроводниковых материалов, руководствуясь СМК предприятия
	<b>ПК–4.5</b>	Выявлять новые направления научных исследований и опытно-конструкторских разработок, используя методы инженерного творчества

При дальнейшем проектировании программы ДПО для компании ОАО «ДжиЭс-Нанотех», были учтены такие перспективные направления развития, как:

- проектирование, сборка и тестирование многокристальных микросхем для внешних заказчиков;
- открытие собственного центра исследований и разработок;
- анализ новых полупроводниковых материалов;
- использование современных технологий корпусирования.

С планами развития компании было связано выявление еще двух групп слушателей программы: инженеров-разработчиков устройств на основе программируемых логических интегральных схем (ПЛИС) и инженеров-исследователей по синтезу и анализу новых полупроводниковых материалов, функциональных устройств на их основе.

Поскольку «условием эффективного комплексного системного развития кластера дополнительного профессионального образования выступает активное участие работодателя в качестве заказчика программ ДПО, участника разработки и реализации программ, эксперта качества процесса и результатов» [7], далее последовал этап согласования перечня профессиональных компетенций для каждой целевой группы с потенциальным заказчиком программы. Сделать вывод о сформированности той или иной компетенции можно только на этапе ее оценивания, поэтому крайне важно было сформулировать методы, формы и адекватные показатели оценки компетенции. Часто на этапе выявления показателей перечень компетенций существенно сокращается. При разработке программы для компании «ДжиЭс-Нанотех» это было связано с тремя причинами. Во-первых, выяснилось, что рядом компетенций, например ПК–1.2, ПК–2.7, ПК–3.1 и ПК–4.5 (см. табл. 2), в рамках программы повышения квалификации слушатели смогут овладеть только на уровне знаний и/или умений (что отражено в матрице компетенций), поэтому было принято решение формировать их в общепрофессиональном цикле программы. Во-вторых, сделать вывод о сформированности той или иной профессиональной компетенции можно только, если слушатель программы приобрел знания, умения и опыт практической деятельности и все эти составляющие ПК можно оценить. А такие ПК, как ПК–1.5, ПК– 2.6, ПК–3.4 (см. табл. 2), требуют больших временных затрат, что не позволяет оценить их в рамках программы повышения квалификации. И, в-третьих, для формирования ПК–4.3, ПК–4.4 (см. табл. 2) в компании в настоящее время нет условий, поэтому они могут быть запланированы на будущее. На выходе такого согласования у разработчиков программы и у предприятия-заказчика появляется однозначное видение образовательных результатов, которые будут достигнуты слушателями программы (см. табл. 3).

Таблица 3

**Образовательные результаты по целевым группам обучающихся**

	Компетенция	Требования к результату	Виды разработанных продуктов (с оценкой по установленным критериям)
--	-------------	-------------------------	---

<b>1. Инженеры-разработчики структуры и топологии интегральных микросхем</b>			
ПК–1	Конструирование корпусов СБИС с проектными нормами кристалла 45 нм, с использованием автоматизированных средств проектирования	1. Параметры структурных элементов СБИС определены и соответствуют функциональному назначению СБИС согласно ТЗ. 2. Разработанные проектные ограничения определены и соответствуют ТЗ	Продукт – структурные элементы сопряжения СБИС, проектные ограничения.
		1. Структурная электрическая схема с СБИС соответствует проектным ограничениям. 2. Функциональная электрическая схема с СБИС соответствует проектным ограничениям. 3. Принципиальная электрическая схема с СБИС соответствует проектным ограничениям	Продукт – электрические схемы.
		1. Электрические соединения корпуса с СБИС выполнены в соответствии с проектными ограничениями 2. Целостность сигналов удовлетворяет проектным ограничениям. 3. Параметры ЭМС и тепловые режимы работы удовлетворяют руководящим стандартам (ГОСТ, СНИП). 4. Проектные нормы МПП соответствуют 6-му классу точности системы с СБИС	Продукт – документация.
<b>2. Инженеры-технологи сборки, корпусирования и тестирования интегральных микросхем</b>			
ПК–2.1	Проводить перенастройку существующего оборудования к новому технологическому процессу	1. Ресурс времени адекватен составу и объему запланированных работ 2. Определен объем необходимых материалов в соответствии с ТЗ. 3. Решение о поставщике расходных материалов обосновано ссылками на их качество, стоимость, условия оплаты и доставки и гарантийные обязательства поставщика 4. Оформление плана-проекта соответствует внутреннему нормоконтролю предприятия	Продукт – план-проект.

		<p>5. Параметры технологического процесса пилотной партии соответствуют ТД.</p> <p>6. Процент выхода годных ИМС в пилотной партии соответствует СМК предприятия.</p> <p>7. Параметры процесса для массового выпуска продукции определены</p>	<p>Продукт – операционная карта технического контроля.</p>
<b>3. Инженеры-разработчики устройств на основе программируемых логических интегральных схем (ПЛИС)</b>			
ПК– 3.1	Проектировать устройство типа «система в корпусе» на основе программируемой логической интегральной схемы (ПЛИС) в соответствии с техническим заданием, используя автоматизированные средства проектирования	1. Структурная схема устройства типа «система в корпусе» на основе ПЛИС соответствует функциональным характеристикам, указанным в ТЗ	Продукт: – структурная схема устройства
		2. Характеристики электрической принципиальной схемы устройства соответствуют ТЗ	– расчеты характеристик устройства
		3. Печатная плата устройства на основе ПЛИС выполнена в соответствии со схемой электрической принципиальной	– чертеж трассировки печатной платы.
ПК – 3.2	Реализовывать функциональные модули, планируемые в ПЛИС, используя автоматизированные средства проектирования и моделирования	1. Программный код соответствует функционалу. 2. Программный код прошел этап компиляции не содержит синтаксических и пунктуационных ошибок. 3. Размер кода помещается в целевую ПЛИС (оптимизирован по количеству используемых вентилях)	Продукт – файл с программным кодом. Оценка по критериям: – размер кода помещается в ПЛИС (да/нет)
		4. Адекватность реализованных функциональных модулей функционалу устройства подтверждена испытаниями средствами САПР	Продукт – модель (схемотехническая и/или программная) функционального модуля устройства.
<b>4. Инженеры-исследователи по синтезу и анализу новых полупроводниковых материалов, функциональных устройств на их основе</b>			
ПК– 4.1	Формировать направление исследований и разрабатывать планы проведения НИОКР в области синтеза и анализа новых п/п материалов на основе обзора и анализа научно-технической информации.	<p>1. Оформление отчета соответствует ГОСТу.</p> <p>2. Дано сопоставление характеристик новых п/п материалов.</p> <p>3. Описание состояния исследований в данной области в России и за рубежом, а также сопоставление характеристик новых п/п материалов подтверждается ссылками на адекватные источники (ведущие научные журналы, патенты).</p> <p>4. Направление НИОКР, сформу-</p>	Продукт – аналитический литературный обзор.

		<p>лированное на основе выводов, соответствует перспективным (ближним и дальним) планам развития предприятия.</p> <p>5. Проведение НИОКР обосновано технико-экономической эффективностью в сравнении с аналогичными результатами отечественных и зарубежных работ</p>	
		<p>6. Формулировка задач исследований предполагает последовательность и направленность в достижении цели.</p> <p>7. Этапы проведения НИОКР соответствует ГОСТ 15.101–98</p>	Продукт – план проведения НИОКР.
ПК–4.2	Выполнять научно-исследовательские разработки по синтезу новых полупроводниковых материалов	<p>1. Соблюден план проведения НИОКР</p> <p>2. План проведения эксперимента соответствует целям и задачам исследования.</p> <p>3. Синтезированные новые п/п материалы обладают заданными свойствами.</p> <p>или</p> <p>При положительном результате: синтезированные п/п материалы обладают заданными свойствами, при отрицательном результате: причина несоответствия свойств материалов заданным обоснована обратным расчетом.</p> <p>4. Относительная погрешность всех рассчитанных величин составляет не более 10 %</p>	Продукт – отчет по НИОКР.
ПК–4.3	Выполнять исследования структуры дефектных ИМС предприятия	<p>1. Метод исследований выбран в соответствии с предполагаемыми технологами дефектами ИМС.</p> <p>2. Образцы подготовлены в соответствии с методом исследований.</p> <p>3. Относительная погрешность всех рассчитанных величин составляет не более 10 %.</p> <p>4. Вывод об отсутствии или наличии и характеристиках гипотетического дефекта соответствует реальному состоянию ИМС</p>	Продукт – отчет по исследованию структуры.

На следующем этапе была разработана единая матрица компетенций, на основе которой формируется дифференцированный комплекс профессиональных компетенций (через опыт практической деятельности, умения и знания)

для каждой из целевых групп, проектируются структура программы, ее содержание и технологии обучения. При разработке программы авторы ориентировались на Приказ № 1221 Министерства общего и профессионального образования Российской Федерации. К сожалению, на сегодняшний день действие указанного нормативного документа отменено в связи с принятием нового ФЗ-273 «Об образовании в Российской Федерации», но, несмотря на это, его можно использовать в качестве методических рекомендаций, предлагающих базовые требования к содержанию дополнительных профессиональных образовательных программ:

- соответствие квалификационным требованиям к профессиям и должностям;
- преемственность по отношению к государственным образовательным стандартам высшего и среднего профессионального образования;
- ориентация на современные образовательные технологии и средства обучения;
- совместимость программ дополнительного профессионального образования по видам и срокам;
- соответствие учебной нагрузки слушателей нормативам;
- соответствие принятым правилам оформления программ;
- соответствие содержания программ видам дополнительного профессионального образования [8, п. 2].

Как следует из логики работы, представленной выше, разработанная нами программа ДПО автоматически удовлетворяет первому требованию. Для соответствия второму и третьему требованиям она должна предусматривать входной, текущий и итоговый контроль образовательных результатов. Итоговый контроль по всей программе, как правило, осуществляется в реальном процессе обучения в форме защиты выпускной аттестационной работы, предусматривающей оценивание сформированности единого комплекса компетенций по каждой из целевых групп.

Нормативный срок освоения программы «Современные технологии проектирования, разработки, сборки, корпусирования и тестирования интегральных микросхем с топологическими нормами 45 нм» не менее 280 часов (от 280 до 330 часов в зависимости от целевой группы слушателей) при очно-дистанционной форме подготовки. Соответствие содержания программы видам дополнительного профессионального образования, а именно повышению квалификации в области nanoиндустрии, обеспечивает профессиональный цикл, представленный четырьмя модулями, отражающими опыт ведущих предприятий и организаций отрасли:

1. Топологическое проектирование для технологий кристалла 45 нм.
2. Проектирование устройств микроэлектроники на базе ПЛИС.
3. Технологии в nanoэлектронике.
4. Материалы nanoэлектроники и методы их исследований.

Таким образом, инженеры-разработчики структуры и топологии интегральных микросхем получают возможность освоить новые программные про-

дукты, появившиеся в комплекте САПР компаний Cadence и Mentor Graphics, занимающих ведущие положения на мировом рынке в системном, функциональном проектировании и верификации топологии СБИС в субмикронном диапазоне. Инженеры-технологи сборки, корпусирования и тестирования интегральных микросхем смогут повысить квалификацию в вопросах организации чистых комнат, сборке, защите и контролю качества электронных модулей. Помимо нового содержания обучения, этому способствует организация образовательного процесса с привлечением ведущих специалистов. Например, таких как А. Е. Федотов, доктор технических наук, председатель технического комитета по стандартизации ТК 184 «Обеспечение промышленной чистоты» и предприятий отрасли, в том числе компании ООО «Совтест АТЕ», производящей оборудование и разрабатывающей программы, предназначенные для контроля качества продукции на различных стадиях производства.

Инженеры-исследователи по синтезу и анализу новых полупроводниковых материалов в рамках научно-исследовательской практики посетят лаборатории Шведского королевского технологического института. Там они смогут ознакомиться с направлениями исследований и изучения современного оборудования, применяемого для исследования состава, структуры наноэлектронных компонентов, формирования НЭМС структур, создания современной электронной компонентной базы, тестирования наноэлектронных компонентов. Инженеры-разработчики программируемых логических интегральных схем (ПЛИС) и устройств на их основе получают практический опыт проектирования и реализации цифрового устройства в САПР Quartus II на основе ПЛИС Cyclone IV фирмы Altera на стенде miniDiLaB.

В разработанной программе также предусмотрено формирование индивидуального образовательного маршрута как внутри целевых групп, так и за их рамками. В итоге, помимо изучения инвариантной части, предусмотренной по каждой целевой группе, слушатель программы получит возможность изучения отдельных дисциплин внутри других профессиональных модулей. Индивидуальная траектория обучения обеспечивается на уровне образовательных технологий и организационных форм обучения, регламентируется составлением для каждого слушателя индивидуального учебного плана. Например, инженеры-разработчики структуры и топологии интегральных микросхем могут дополнительно изучить проектирование устройств микроэлектроники на базе ПЛИС в САПР Quartus или прослушать дисциплину «Современное технологическое оборудование для тестирования».

Особенностью представленной программы ДПО является подход, при котором предусмотрено формирование общепрофессиональных образовательных результатов у всех целевых групп, таких как:

- знания принципов конструирования и этапов проектирования, сборки, корпусирования и тестирования интегральных микросхем (ИМС) с проектными нормами кристалла 45 нм; типов оборудования и оснастки на всех этапах технологического процесса; материалов и технологий производства ИМС на кремниевых подложках, в том числе материалов оксидной электроники и наноэлектроники и методов их получения;

– умение оформлять патенты и заявки на приобретение и закрепление прав на объекты интеллектуальной собственности;

– приобретение опыта: а) разработки технологических нормативов и внесения изменения в техническую документацию в связи с корректировкой технологических процессов и режимов производства; б) решения текущих задач (в процессе обучения) с применением теории решения изобретательских задач.

Необходимость формирования перечисленных выше знаний, умений и навыков вызвана предъявлением к работникам предприятия в условиях его инновационного развития новых требований. В первую очередь, это готовность к непрерывному самообразованию и модернизации профессиональной квалификации, деловым коммуникациям, способность к принятию ответственных решений, критическому мышлению и т. д. [9].

Ориентация при реализации программы на современные образовательные технологии и средства обучения выражается в использовании таких форм, методов и технологий, как:

– индивидуальные формы обучения, включая самостоятельное выполнение заданий в рамках лабораторно-практических занятий, практик, подготовка к практическим и иным видам занятий, а также индивидуальные консультации с преподавателем, в том числе онлайн консультирование;

– коллективные формы обучения – лекции, практические занятия;

– групповые формы обучения – работа в парах и мини-группах на практических занятиях, мастер-классы, тренинги;

– информационно-коммуникационные технологии – организация обучения в компьютерных классах с применением современного ПО, обучение работе в специализированных компьютерных средах, организация лекций и практических занятий с использованием ИКТ;

– проектные технологии – при выполнении индивидуальных и групповых заданий, подготовке выпускной аттестационной работы;

– технологии дистанционного и электронного обучения – организация изучения учебных дисциплин в дистанционном режиме в формате e-learning;

– стажировки и др.

Знаниевая компонента общепрофессиональных компетенций формируется в результате изучения дисциплины «Технологии и этапы проектирования наноразмерных интегральных схем», представленной в формате e-learning. В этом случае способы оценки достижения слушателями образовательных результатов могут планироваться и разрабатываться с учетом возможности их использования в удаленном и автоматическом режиме. Традиционные лекционные занятия составляют менее 20 % аудиторной нагрузки слушателей программы.

Профессиональные умения слушателей программы ДПО формируются на практических занятиях, мастер-классах, тренингах. Практический опыт приобретается во время научно-производственной и научно-исследовательской практик. Следует отметить, что организация учебного процесса направлена на погружение обучающихся в среду, максимально приближенную к организации работ на промышленных предприятиях в их области профессиональной дея-

тельности. Все слушатели программы должны быть обеспечены комплектом учебно-методических материалов по каждому из профессиональных циклов, в которые войдут программы учебных дисциплин и модулей; презентации и лекционные материалы, дополнительные материалы, включая нормативные документы и др.

В целом использованный подход к разработке программы дополнительного профессионального образования в области наноиндустрии позволяет в итоге получить программу, обеспеченную учебно-методическим комплексом, включающим программы модулей и учебно-методические комплексы дисциплин, учебные, учебно-методические, контрольно-измерительные материалы, входящие в состав соответствующих модулей.

Отметим, что «оптимальным подходом к развитию рассматриваемой формы дополнительного образования является интеграция усилий учреждений высшей школы с индустриальными специализированными учебными центрами для разработки и реализации на практике совместных учебных программ дополнительного образования» [10]. В этом случае обеспечивается «фундаментальность академического профессионального обучения, реализуемого силами опытного профессорско-преподавательского состава вузов, и эффективность практического освоения современных технологий на базе специализированных тренинговых учебных центров, высокий уровень соответствующих учебно-методических материалов» [10].

Таким образом, представленная нами образовательная программа может использоваться для повышения квалификации слушателей, обеспечивая профессиональные компетенции в области проектирования, моделирования, верификации и тестирования интегральных микросхем с топологическими нормами 45 нм и их компоновке на платах 6-го класса точности. Привлечение к реализации программы ведущих специалистов и предприятий наноиндустрии предполагает, что полученные специалистами в ходе обучения практические навыки станут уникальными.

#### Список литературы

1. Об образовании в Российской Федерации: Федеральный закон РФ от 29 декабря 2012 г. № 273-ФЗ.
2. Глоссарий. URL: <http://nmc-it.mari-el.ru/page/glossary> (дата обращения: 10.08.2014).
3. Методы социологических исследований. URL: <http://социология.net/metody-sociologicheskikh-issledovaniy> (дата обращения: 10.08.2014).
4. Профессиональный стандарт инженер-конструктор в области производства наногетероструктурных свч-монолитных интегральных схем. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_159979/?frame=1](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_159979/?frame=1) (дата обращения: 10.08.2014).
5. Профессиональный стандарт инженер-технолог в области производства наногетероструктурных свч-монолитных интегральных схем. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_160796/?frame=1](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_160796/?frame=1) (дата обращения: 10.08.2014).
6. Олейникова О. Н., Муравьева А. А., Коновалова Ю. В., Сартакова Е. В. Разработка модульных программ, основанных на компетенциях: Учеб. пособие. М.: Альфа-М, 2005. 160 с.

7. Игнатович Е. В. Тенденции и перспективы развития российского кластера дополнительного профессионального образования // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. 2012. № 7 (128). Т. 2, 2012. С. 44.
8. Приказ Министерства общего и профессионального образования Российской Федерации от 18 июня 1997 г. № 1221 «Об утверждении Требований к содержанию дополнительных профессиональных образовательных программ».
9. Бобиенко О. М. Ключевые компетенции профессионала: проблемы развития и оценки. Казань: Казан. гос. ун-т, 2006.
10. Сухомлин В. А. Концепция и принципы разработки образовательных профессиональных программ дополнительного ИТ-образования // Актуальные проблемы информатики в современном российском образовании. Всероссийское совещание. Труды. М.: Изд-во МГУ, 2004. С. 196–212.