



УДК: 378 (62)

**МАРИНА МИХАЙЛЮК**

м. Луганськ, Україна

**ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ  
ИНЖЕНЕРОВ В ОБЛАСТИ НАНОЭЛЕКТРОНИКИ  
(НА ПРИМЕРЕ ВЕЛИКОБРИТАНИИ)**

**FOREIGN EXPERIENCE OF ENGINEERS' PROFESSIONAL  
TRAINING IN THE FIELD OF NANOELECTRONICS  
(ON THE EXAMPLE OF GREAT BRITAIN)**

*Проаналізовано особливості програм професійної підготовки майбутніх інженерів у галузі наноелектроніки на прикладі університетів Великої Британії. Визначено основні напрями і завдання освітніх програм з наноелектроніки, перспективні напрями розвитку наноелектроніки як науки. Визначено галузі застосування нанотехнології і перспективи розвитку нанонауки та електронної промисловості. З'ясовано можливості використання позитивного досвіду Великої Британії щодо професійної підготовки майбутніх інженерів у галузі наноелектроніки у вітчизняних ВНЗ.*

**Ключові слова:** наноелектроніка, нанотехнології, університет, Велика Британія, фахівці з наноелектроніки, інженер.

*Проанализированы особенности программ профессиональной подготовки будущих инженеров в сфере наноелектроники на примере университетов Великобритании. Определены основные направления и задания образовательных программ по нанoeлектронике, перспективные направления развития нанoeлектроники как науки. Установлены области применения нанотехнологии и перспективы развития нанонауки и электронной промышленности. Определены возможности использования позитивного опыта Великой Британии относительно профессиональной подготовки будущих инженеров в области нанoeлектроники в отечественных ВУЗах*

**Ключевые слова:** нанoeлектроника, нанотехнологии, университет, Великобритания, специалисты по нанoeлектронике, инженер.

*Peculiarities of future engineers' professional training programs in nanoelectronics have been analyzed on the example of Great Britain. Main trends and tasks of educational programs in nanoelectronics and prospective directions of developing the science of nanoelectronics have been defined. The spheres of nanotechnologies usage and prospects of nanoscience and electronics industry development have been defined. Prospects of using positive British experience concerning future engineers' professional training in home higher education establishments have been substantiated.*



**Key words:** nanoelectronics, nanotechnologies, university, Great Britain, specialists in nanoelectronics, engineer.

*Постановка проблеми в загальному вигляді.* Современные процессы реформирования экономики и политические изменения в Украине сопровождаются динамичными изменениями в системе образования. За последние годы в отечественной педагогической науке произошли существенные изменения, связанные с появлением новых учебных заведений, с новыми программами и новыми специальностями.

Согласно постановлению Кабинета Министров Украины № 787 от 27.08.2010 «Об утверждении перечня специальностей, по которым осуществляется подготовка специалистов в высших учебных заведениях по образовательно-квалификационным уровням специалиста и магистра» и приказа Министерства образования и науки Украины № 1067 от 09.11.2010 г. с 2011–2012 учебного года в перечень профессий введены новые специальности 7.05080101 «Микро- и нанoeлектронные приборы и устройства», 7.05080102 «Физическая и биомедицинская электроника», 705080103 «Микроэлектронные информационные системы» направления подготовки «Микро- и нанoeлектроника», отрасль знаний «Электроника» по образовательно-квалификационным уровням специалиста и магистра.

Микро- и нанoeлектроника – отрасли электроники, занимающихся разработкой физических и технологических основ создания электронных интегральных схем с характерными топологическими размерами элементов меньших 100 нанометров. Малый размер наночастиц позволяет внедрять их практически в любой организм, заставляя его подчиняться и изменять свою функциональность. Развитие нанотехнологий в дальнейшем сделает жизнь совершенно другой, полной комфорта и массы интересного. Нанотехнологии являются будущим направлением науки и техники, которая нуждается в высококвалифицированных специалистах и в соответствии ставит новые требования к их профессиональной подготовке в высших учебных заведениях Украины.

Современному производству нужен специалист, который должен глубоко владеть теоретическими знаниями, профессиональными умениями и навыками, готовый к деятельности в сложных условиях конкуренции, способен к самообучению, самосовершенствованию. Высшее инженерное образование, которое сейчас реформируется, должно готовить таких специалистов. При подготовке инженеров по новым направлениям, остается много нерешенных проблем, которые имеют место в высшем инженерном образовании, в частности: недостаточное количество знаний о новейших инженерных технологиях и своевременность их включения в содержание обучения; несоответствие между существующей системой инженерного образования и требованиями Европейского сообщества относительно вхождения в единую систему непрерывного образования; устарели формы, методы, средства подготовки и потребности высших технических учебных заведений в применении



инновационных технологий. В соответствии с этим значительный интерес для педагогической общественности высших учебных заведений представляет опыт разных стран мира и особенно Великобритании, где высшее образование, в частности инженерное, имеет новейшие научные достижения, разработки и опыт.

*Аналіз останніх досліджень і публікацій.* К проблеме подготовки инженеров в Украине и зарубежью обращалось много исследователей. На уровне докторских диссертаций проблемы подготовки будущих инженеров исследовали Е. Коваленко (методика профессионального обучения), М. Лазарев (моделирование содержания общеинженерных дисциплин), Е. Лузик (общенаучная подготовка инженеров), О. Романовский (подготовка инженера к управленческой деятельности), П. Яковишин (обучение будущих специалистов методом анализа и синтеза механизмов и машин), А. Демин (технология отбора содержания обучения инженерно-технических дисциплин) и другие. Обоснованные учеными технологии и методики подготовки современного инженера имеют общий характер и с успехом используются в практике подготовки инженера-электронщика.

Результаты анализа научных трудов ученых Великобритании по данной проблеме (Marcea Dragoman, Daniela Dragoman, George W. Hanson, Vladimir V. Mitin), учебных программ, учебников и пособий показали, что эта проблема является достаточно актуальной в британском обществе и обсуждаемой на всех уровнях: концептуальном, организационно-педагогическом, законодательном и международном. Изучение особенностей профессиональной подготовки будущих инженеров в области нанoeлектроники в Великобритании свидетельствует о наличии позитивных подходов, идей, конструктивное использование которых в отечественной практике может существенно улучшить ситуацию обучение специалистов данной отрасли.

*Формулювання мети статті.* Цель статьи – раскрыть особенности образовательных программ подготовки специалистов в области нанoeлектроники в университетах Великобритании.

*Виклад основного матеріалу дослідження.* Сейчас более чем в 30 странах мира существуют программы по развитию нанотехнологий. Объем финансирования нанотехнологий в этих странах за последние годы увеличился в 5 раз. В учебный процесс британских университетов были введены программы по нанонауке и нанотехнологии, которые рассчитаны на подготовку бакалавров и магистров. Нанотехнологии нашли применение в самых различных областях. Среди них: информационные технологии (полупроводниковые устройства), машиностроение (конструкционные материалы), энергетика (новые источники энергии), медицина (диагностика) и т.д.

Основными задачами нанoeлектроники являются:

- разработка физических основ работы активных приборов с нанометровыми размерами;
- разработка физических основ технологических процессов;



- разработка приборов и технологий их изготовления;
- разработка интегральных схем с нанометровыми технологическими размерами и изделий электроники на основе нанополупроводниковой базы.

Подготовка специалистов в области нанoeлектроники проводится в таких университетах Великобритании: Университет Оксфорда (University of Oxford); Университет Кембриджа (Cambridge University); Университет Манчестера (Manchester University); Университет Лондона (London University); Университет Кренфилда (Cranfield University); Университет Ноттингема (University of Nottingham); Университет Саутгемптон (University of Southampton); Университет Сассекса (University of Sussex); Университет Суррея (University of Surrey); Университет Суонси (University of Swansea).

Программа подготовки специалистов в области нанотехнологии образовательно-квалификационного уровня бакалавр длится три года, магистра – один год. Проанализируем, как ведется подготовка специалистов в некоторых из выше указанных университетах.

Университет Оксфорда (University of Oxford) является независимым и самоуправляемым учебным учреждением, который состоит из центрального университета и колледжей. Тридцать восемь колледжей образуют основной элемент университета. Преподаватели более чем из 100 стран мира преподают в университете. Сотрудники из США, Германии, Италии, Китая и многих других стран работают в университете. Около трети студентов, а это около 8100 студентов, являются гражданами зарубежных стран, в том числе 16 % студентов и 61 % аспирантов. Штат преподавателей это почти 4тысячи человек. Из них 70 – это члены Королевского общества, более 100 – члены Британской Академии [5; 6]. Научно-исследовательская деятельность Оксфорда состоит из более 1600 научных сотрудников, более 3800 научного и вспомогательного персонала и более 5300 аспирантов. Оксфорд входит в десятку лучших университетов мира.

Образовательные программы в области нанотехнологий разработаны так, чтобы сконцентрировать внимание слушателя на фундаментальных проблемах – основах нанотехнологии. Учебный год делится на три семестра (триместра) – Миклмасс (осенний), Хилари (зимний), Тринити (весенний). В течении года студенты посещают лекции, практические занятия, семинары, лабораторные занятия, а также тьюториалы – индивидуальные занятия с преподавателем. На одного преподавателя приходится четыре–пять студентов. Третий модуль включает проведение исследований и работу в научно-исследовательской группе.

Курс магистратуры по нанотехнологии включает разработку новых продуктов на основе новых технологий, наноструктуры, применение наноразмерных структур. Курс аспирантуры по нанотехнологии включает разработку наноматериалов для квантовой обработки информации, молекулярных кристаллов, углеродных нанотрубок, керамических нанокompозитов, полупроводниковых нанокристаллов.



Університет Кембриджа (Cambridge University) – второй после Оксфорда университет, основанный в 1209 г. группой студентов и преподавателей, которые бежали из Оксфорда после конфликта с населением. Университет включает 31 колледж и более 150 кафедр, факультетов, школ и других образовательных подразделений [3]. Сейчас в нем обучается 18000 студентов, 17 % составляют иностранные студенты. Ученые Кембриджа получили 82 Нобелевских премии начиная с 1904 г. Научные исследования в области нанотехнологии в Кембридже проводятся согласно Междисциплинарного Исследовательского Сотрудничества по нанотехнологии (2003). Основные цели: производство трехмерных структур; рост мягких слоев для самосборки наноструктур на подложках; определение механических и электронных свойств наноразмерных границ раздела; коммерциализация проектов; подготовка персонала в области междисциплинарных исследований [6].

В 2003 г. в университете был создан центр нанонауки. Центр снабжен уникальным оборудованием для более 300 исследователей. Центр занимается разработкой наноматериалов, исследует социальные аспекты нанотехнологии, занимается теорией моделирования транспортровки заряда в проводящих полимерах и биологических системах, занимается разработкой методик измерения характеристик нанообъектов.

Начальное профессиональное образование начинается со школы это основные представления о наномире. Курс бакалавра по нанотехнологии – микро- и аннотехнология. Курс магистратуры по нанотехнологии включает методы нанопроизводства, наноматериалы, нанохимия, физика на нанометровом масштабе бионанотехнология. Также возможно получить дополнительное профессиональное образование по нанотехнологии, которое включает изучение наноструктур и происходящих в них процессов.

Университет Манчестера (Manchester University). Продолжительность обучения, чтобы получить степень магистра в области нанотехнологии составляет один год.

Целями программы по этому направлению являются:

- предоставить современные знания по органическим и неорганическим полупроводникам, подчеркивая их физические принципы и практическое применение;
- обеспечить практическую подготовку на различных стадиях изготовления нанoeлектронных компонентов, от синтеза переработанного сырья до изготовления конечного продукта;
- дать студентам возможность получить исчерпывающие теоретические и практические знания в области нанотехнологии благодаря, тщательному сбалансированному сочетанию лекций с использованием моделирования программного обеспечения и лабораторных занятий [4].

Дисциплины, по которым проводятся модули: физика полупроводников; электронные материалы и нанометрология, электронные приборы; фотонные устройства; микроэлектронная и нанoeлектронная обработка технологий; электронные устройства, материалы и системы.



Нанотехнологии во всем мире быстро растут и развиваются. Великобритания, безусловно, имеет весомый вес в мире по подготовке бакалавров, магистров инженерии в области нанотехнологий.

*Висновки результатів дослідження.* Анализ учебных программ дает нам возможность развития новых курсов в области микро- и наноэлектроники. Подготовка инженеров в области наноэлектроники ведется согласно потребностей отрасли, уделяя большое внимание малым и средним предприятиям. Образовательные программы по наноэлектронике направлены на перспективу наноэлектроники. Все программы можно разделить на три направления. Одни программы в своей основе имеют систему проектирования и основные курсы по проектированию. Другие программы – микроэлектроника и нанотехнологии – являются перспективными. Такие программы направлены на изучение технологий в области электроники и теории электрических цепей. В программах с направлением наноэлектроники особое внимание уделяется технологиям разработки электронных приборов и микро-электро-механических приборов и устройств. Программа направлена не только на знание физических и электрических характеристик наноэлектронных приборов и устройств, а также применение этих приборов и устройств в электронных цепях и в системах. Третье направление – нанофизика – считается самым перспективным. Программы по нанофизике состоят из курсов, направленных на изучение физики наноэлектронных приборов. Она также включает фундаментальные исследования в области физики.

*Перспективи подальших розвідок.* Перспективными направлениями последующих исследований есть формы организации и инновационные технологии подготовки инженеров в области наноэлектроники.

### Література

1. Nielsen Ivan Ring. Description of nanoelectronics courses and syllabuses from selected universities / Ivan Ring Nielsen // Technoconsult ApS. – 2008. – P. 32.
2. Mitin Vladimir V. Introduction to Nanoelectronics: Science, Nanotechnology, Engineering, and Applications / Vladimir V. Mitin, Viatcheslav A. Kochelap, Michael A. Strosio. – Cambridge : Cambridge University Press, 2007. – P. 348.
3. University of Cambridge [Electronic resource]. – Mode of access: <<http://www.admin.cam.ac.uk>>.
4. University of Manchester [Electronic resource]. – Mode of access: <<http://en.academic.ru/dic.nsf/enwiki/50372>>.
5. University of Oxford [Electronic resource]. – Mode of access: <<http://www.ox.ac.uk>>.
6. Булакина М. Б. Обзор зарубежного опыта по подготовке кадров в области нанотехнологий : метод. пособ. для преподавателей и аспирантов / М. Б. Булакина, А. И. Денисюк, А. О. Кривошеев. – СПб. : СПбГУ ИТМО, 2009. – 92 с.