

expertise in science governance”]. Moscow: ICS RAS Publ., 568 p. Available at: <http://ubs.mtas.ru/upload/library/UBS44.pdf> (In Russ.)

9. Novikov D. (2011) *Mekhanizmy upravleniya* [Control mechanisms]. Moscow: URSS Publ., 192 p.

The paper was submitted 29.12.14.

ИНЖЕНЕРНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ НАУКИ

ШЕСТАК Валерий Петрович – д-р техн. наук, профессор, НИЯУ МИФИ, ведущий научный сотрудник, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации. E-mail: VPSHestak@fa.ru

Аннотация. В статье рассматриваются процессы формирования инженерных задач при выполнении проектов фундаментальной науки, относящихся к классу мега-сайенс, проблемы использования получаемых при этом знаний для повышения профессионального уровня инженерного корпуса и их значение для развития экономики России.

Ключевые слова: проекты класса мега-сайенс, программа «Горизонт 2020», новое знание, инженерные задачи

Главным содержанием работы инженера является разработка и реализация новых и/или оптимизация существующих инженерных решений. В своей профессиональной деятельности инженер опирается на фундаментальные и прикладные науки. Следовательно, помимо актуальных знаний, он должен обладать определённым уровнем эрудиции в части понимания современных трендов развития науки, техники и технологий и отчётливо представлять себе суть инновационных процессов в экономике и масштаб внешних вызовов для коррекции своей деятельности.

Мир развивается и сегодня он подошёл вплотную к реализации так называемого шестого технологического уклада [1]. В некоторых странах интенсивно внедряются новые наукоёмкие, или, как теперь говорят, «высокие технологии», основанные на био- и нанотехнологиях, геной инженерии, квантовых технологиях, спин-фотонике, микромеханике, безопасной и безуглеродородной энергетике. Ожидается, что синтез достижений на этих направлениях приведет к созданию, например, квантового компьютера, искусственного интеллекта и в конечном счёте обеспечит выход на

принципиально новый уровень в экономике знаний.

В данном контексте прежде всего нужно с сожалением констатировать, что более 50% технологий в России относится к четвёртому технологическому укладу – к «эпохе нефти – 1908–1971 гг.» (ядро уклада – технологии тяжёлого машиностроения, автомобили, самолёты, большая химия), а почти 30% – и вовсе к третьему – «эпохе стали – 1875–1908 гг.» (ядро уклада – чёрная металлургия, железные дороги, кораблестроение, производство взрывчатых веществ). Перед отечественными учёными, инженерами и преподавательским корпусом стоит грандиозная по сложности задача, обусловленная тем обстоятельством, что в течение ближайших лет экономика России должна «перепрыгнуть» через пятый технологический уклад – «эпоху компьютеров – 1971–2011 гг.» (ядро уклада – микроэлектроника, информатика и Интернет, биотехнологии и др.) [2]. Знания, необходимые для подобного «большого скачка», благодаря процессам глобализации лежат в открытом доступе. Возможно, что полной информации о той или иной технологии у нас нет, но мы пользуемся

соответствующими продуктами и пониманием суть использованных технологий, а потому вполне можем повторить аналогичную производственную цепочку.

Стагнация промышленного производства в России в последнее время, вызванная сжатием конечного спроса и отсутствием значимых структурных изменений, привела к тому, что макроэкономические показатели страны продолжают ухудшаться. По итогам 2013 г. существенный спад отмечен в металлургическом производстве и производстве готовых металлических изделий – на 2,3%, целлюлозно-бумажном производстве, издательской и полиграфической деятельности – на 5,2%, в производстве кожи, изделий из кожи и обуви – на 5,3%, сократилось производство в машиностроительном комплексе, в том числе в производстве машин и оборудования – на 7,6%, электрооборудования, электронного и оптического оборудования – на 2,8% [3]. В таких условиях разговоры о стратегии социально-экономического развития России приобретают особый смысл – активной борьбы за безопасность страны. Именно сложившиеся условия ставят перед инженерным корпусом новые задачи, решение которых если и не «спасёт» Россию, но точно поможет ей устоять перед испытаниями.

Сегодня принято говорить об импортозамещении, что предполагает постепенный переход от производства простых товаров к наукоёмкой и высокотехнологичной продукции путем повышения уровня развития производства и технологий, а также образования широких слоёв населения. Нужно понимать, что невозможно только копировать необходимые производства, нужно развивать и собственные технологии. В современных условиях уровень научно-технического потенциала и умение его использовать стали одним из важнейших показателей места страны в мировой экономической системе. Однако развитие производства на высоком уровне невозможно без

соответствующих кадров, что требует разработки специальных программ социальной поддержки креативных людей и улучшения их научно-образовательного потенциала [4]. Стимулом к зарождению инноваций служат новые научные открытия и технические изобретения, но только стимулом: они не имеют реальной ценности, если не будут приняты обществом, внедрены или коммерциализованы. Для их коммерциализации от производителей требуются смелость и воображение, не уступающие креативному потенциалу первоначального открытия или изобретения, сделанного учёным или инженером. Как справедливо отмечает В.Г. Горохов, «в этом смысле производство научного знания становится неотделимым от его применения, а они вместе – от этики ученого и инженера, которая, в свою очередь, неразрывно связана с социальной оценкой техники как прикладной сферы философии техники» [5].

На рисунке 1 приведено распределение Нобелевских премий по физике по отраслям за 2001–2014 гг. Видно, что 65% премий ориентированы на практические нужды человечества, именно они составляют интерес для деятельности инженерного корпуса (конечно, если будут правильно концептуализированы и поняты). Говоря о приоритетах в научной и инженерной деятельности, следует помнить, что для фундаментальной науки они определяются не столько запросами экономики и социальной сферы, сколько логикой развития науки и необходимостью получения новых знаний, ведь рано или поздно именно результаты фундаментальных исследований начинают определять ход развития общества. Давно известно, что масштабные фундаментальные исследования способны создавать качественно новые знания об окружающем мире, значительную часть которых удастся конвертировать в технологии, причем в достаточно короткое время. Ярким примером служит освоение человечеством атомной энергии.

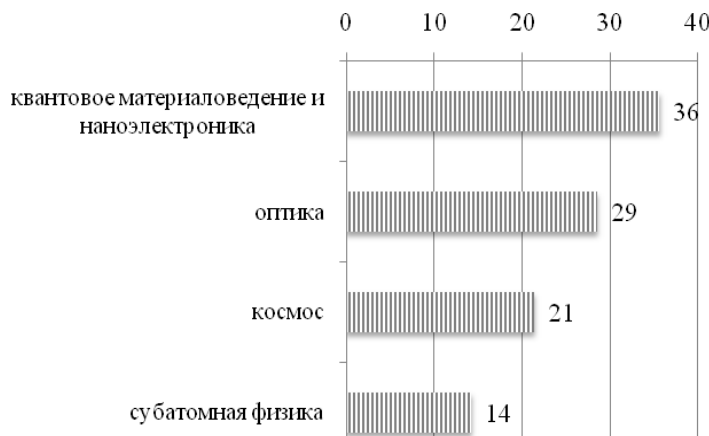


Рис. 1. Распределение по отраслям Нобелевских премий по физике за 2001–2014 гг. [6]

В этом плане важно подчеркнуть, что фундаментальная наука создает специфическую среду, способствующую рождению и коммерческому освоению новых идей. Эта среда представляет собой не только инфраструктуру уникальных исследовательских установок, но и систему подготовки высококвалифицированных кадров, и «пояс» высокотехнологичных компаний, обеспечивающих создание этих установок. Одно без другого нормально развиваться не может. Поэтому «окупаемость» фундаментальных исследований надо трактовать в широком смысле, принимая во внимание всю последовательность шагов: от зарождения идеи до её практической реализации с последующим коммерческим использованием.

Многим кажется, что наука сегодня развивается не так быстро, как в XX столетии. Между тем гигантские финансовые вложения в ряд научных проектов свидетельствуют об обратном. Подобные проекты с бюджетом свыше миллиарда долларов относятся к классу мегапроектов и осуществляются межгосударственными коллаборациями; их принято считать показателем уровня научно-технологического развития государства, на территории которого они расположены. Мегапроекты возникают в процессе

развития науки в глобальном масштабе [7] в тот момент, когда у ученых накапливается избыток вопросов при достижении определенного интеллектуального барьера – границы понимания.

Цели и задачи известных мегапроектов могут быть сведены к следующим:

- получение новых знаний о «живой» и «неживой» природе;
- формирование нового технологического уклада (от инструмента познания к инструменту производства);
- обеспечение технологической безопасности;
- поддержание и развитие национального научного потенциала.

К примерам мегапроектов, изменяющих нашу жизнь, можно отнести международную космическую станцию (МКС). Общий объем вложенных в МКС за 16 лет средств превысил 160 млрд. долл. МКС является самым дорогим космическим мега-проектом в истории человечества. Несмотря на то, что этот проект не принес прорывных научных открытий, он, несомненно, существенно поднял инженерный уровень многих отраслей экономики стран-участниц.

Еще один известный мегапроект – Большой адронный коллайдер. Его цель – помочь ответить на фундаментальные вопросы физики и продвинуться в понимании структуры природы на уровне Стандартной модели. Так сегодня принято называть теорию, систематизирующую наши представления об исходном материале, из которого «состоит» Вселенная [8]. В 2012 г. в ЦЕРНе был обнаружен бозон Хиггса – частица, благодаря которой остальные элементарные частицы обретают массу. Закончилась

целая эпоха в физике элементарных частиц; сегодня физики занялись созданием так называемой «Новой физики» – физики за пределами Стандартной модели. Бозон Хиггса для человечества так важен, что в заголовке книги Нобелевского лауреата по физике (1988) Леона Ледермана «Частица Бога: если Вселенная – это ответ, то каков вопрос?» (1993) она названа «god particle» (*частица бога – частица сотворения*), а глава римско-католической церкви папа Франциск, выступая в Понтификальной академии наук в октябре 2014 г., признал теорию эволюции и теорию Большого взрыва, заодно уточнив, что Бог – не «волшебник с волшебной палочкой».

В рамках мегапроекта к 2020 г. в Японии планируется построить Международный линейный коллайдер (ILC) [9]. Электрон-позитронный коллайдер ILC должен стать уникальным инструментом для более глубокого проникновения в природу материи и изучения ее фундаментальных свойств, исследования пространства и времени, решения вопросов о происхождении массы частиц, темной материи, темной энергии, существования дополнительных измерений в пространстве-времени и т.д. Будущий ускоритель представляет собой гигантское сооружение стоимостью 7,8 млрд. долл. (в ценах 2012 г.), длиной почти 31 км, с потребляемой мощностью порядка 230 МВт. Он рассчитан на энергию 500 ГэВ с возможностью расширения до 1 ТэВ.

Создание коллайдера ILC – ускорителя следующего поколения, безусловно, потребует совершенно новых решений и разработок в таких важных областях науки и техники, как ядерная энергетика, ускорительная и криогенная техника, кристаллография, создание новых источников энергии и новых материалов. А это значит, что многие из них найдут свое применение в смежных областях науки и техники, в практической деятельности на благо современной цивилизации.

В последнее время резко вырос интерес

к жесткому рентгену, что привело к созданию новых источников когерентного жесткого рентгеновского излучения – рентгеновских лазеров. Мегапроект XFEL, по сравнению с предыдущими поколениями подобных устройств, имеет значительную яркость и очень малый разброс (расходимость) по энергии фотонов в рентгеновском луче [10]. Приоритеты исследований с использованием жесткого рентгеновского излучения смещаются от упорядоченных материалов (например, кристаллов) к неупорядоченным – биоорганическим и композиционным материалам, керамике и др. Новый лазер имеет временное разрешение на несколько порядков выше, чем у известных на сегодня источников излучения: длительность импульса рентгеновского лазера – всего порядка 100 фемтосекунд. Это приблизительно то время, которое необходимо химическим соединениям для формирования и группировки их молекул и, следовательно, есть возможность прямого наблюдения этих эффектов. Такой лазер позволит решать задачи, которые до сих пор были технически недоступны, например, исследовать структуру белков, что открывает огромные возможности в медицине, генетике, биологии (в частности, подходы к новым технологиям создания новых лекарств, решение проблем диагностики, выявления причин неизлечимых пока недугов). Лазер на свободных электронах на сегодня, возможно, идеальный инструмент для нанотехнологий, так как разрешает «прямое» наблюдение процессов при создании наноструктурных материалов. Ожидается, что главными потребителями XFEL станут биологи, фармацевты, медики, а также физики и химики, наблюдающие за ходом реакций с фемтосекундным разрешением.

Сопоставим с ним по финансовым затратам международный мегапроект, реализуемый в Центре по изучению тяжелых ионов им. Гельмгольца в немецком Дармштадте (FAIR, Facility for Antiprotons and

Ions Research). Он представляет собой комплекс, состоящий из связанных между собой ускорителей и накопителей частиц [11]. Комплекс оснащен современными детекторами для измерения характеристик новых экзотических частиц, которые могут существовать только в течение короткого времени. Участвуя в этом проекте, Россия получает крупные заказы для своих научных центров и промышленных предприятий на высокотехнологичное оборудование.

В декабре 2013 г. Россия стала членом коллаборации одной из передовых исследовательских мегаустановок в мире – Европейского центра синхротронного излучения (European Synchrotron Radiation Facility – ESRF), расположенной в Гренобле (Франция) [12]. На данный момент ESRF является самым высокоэнергетичным синхротроном в Европе (энергия электронов составляет 6,03 ГэВ). 40% исследований, ведущихся на ESRF сейчас, посвящены вопросам структурной биологии; результаты работы (свыше 1800 публикаций в год) публикуются в ведущих научных журналах (около 30% этих статей выходят в *Nature* (импакт-фактор – 38,5) и *Science* (импакт-фактор – 31,0)). Это характерно для всех публикаций, подготовленных в рамках мегапроектов [13].

Сложность решаемых во всех мегапроектах научно-технических и инженерных проблем требует международной интеграции передовых знаний и инновационных технологий. Реализация мегапроектов способствует привлечению высококлассных специалистов с мировым именем, дает возможность ученым работать на самом современном, уникальном оборудовании и в полной мере реализовывать свой исследовательский потенциал. Как показывает опыт, вокруг мегапроектов формируются научные кластеры, полноценная инновационная инфраструктура, которая способна трансформировать фундаментальные знания в новые технологии и продукты, позволяет

заниматься коммерциализацией научных разработок. Благодаря таким мегапроектам решается и важнейшая проблема подготовки и закрепления научных и инженерных кадров.

Инженерный потенциал мегапроектов можно продемонстрировать на примере вышеописанного мегапроекта FAIR. К его основным инженерно-технологическим задачам относятся следующие:

- 1) разработка конструкции сверхпроводящих магнитов, в которых магнитное поле будет возрастать до 6 Тл со скоростью 1 Тл с⁻¹ в накопителе частиц SIS-300;
- 2) новые методы прецизионного управления энергией и геометрией пучков в ускорителях;
- 3) создание крупномасштабных детекторов, способных отслеживать траектории и определять параметры множества рождающихся в экспериментах частиц;
- 4) обработка огромных потоков данных, поступающих от детекторов, разработка современных аппаратных и программных решений (аналогично GRID-технологии в CERN) для обработки данных, доступа к ним и их хранения;
- 5) сжатие ионных и протонных пучков по длительности импульса для генерации, накопления и последующего охлаждения экзотических ядер и антипротонов с длительностями импульсов 60 и 25 нс соответственно;
- 6) получение коротких интенсивных импульсов тяжёлых ионов, необходимых в экспериментах по физике плазмы;
- 7) обеспечение режима работы с непрерывным пучком со средней интенсивностью до 10¹¹ ионов в 1 сек и с энергией 1 ГэВ/нуклон при выводе пучка либо непосредственно из накопителя частиц SIS-100, либо при переводе пучка в накопитель частиц SIS-300 и последующем медленном выводе из последнего;
- 8) электронное охлаждение пучка ускоренных частиц, при котором ионы замедляются до одной и той же скорости при

периодическом взаимодействии с параллельным пучком электронов, имеющих строго определённую скорость;

9) быстрое ускорение очень тяжёлых ионов урана U_{238}^{+} , требующее разработки сложных радиочастотных устройств, генерирующих экстремально мощные высокочастотные поля с высокими фронтами и изменяемой частотой, предназначенные для формирования коротких (50–100 нсек) интенсивных импульсов частиц;

10) решение проблем ультравысокого динамического разрежения в вакуумной системе. Новые материалы и технические системы должны обеспечивать поддержание условий ультравысокого вакуума (10^{-10} Па) при наличии интенсивных ионных пучков в вакуумных каналах ускорителей и накопительных колец в условиях неизбежных потерь частиц, приводящих к десорбции молекул со стенок вакуумных камер.

Новая рамочная программа Европейского Союза по научным исследованиям и инновациям на 2014–2020 годы «Горизонт-2020» (H2020) [14] с общим бюджетом в 80 млрд. евро ориентирована на создание экономики, основанной на знаниях и конкурентоспособной в мире, в соответствии со Стратегией развития Европы до 2020 г. (Europe 2020 Strategy). Главную роль в ней играет деятельность в сфере образования, науки и инноваций.

В программе H2020 особое внимание уделяется коммерциализации результатов научно-исследовательских проектов, а следовательно – решению инженерных задач. Впервые на европейском уровне будет реализована непрерывная поддержка разработок от идеи до рынка. При этом сделана попытка создать единый механизм поддержки всех стадий инновационной цепочки с тем, чтобы максимально поддержать вывод продукта на рынок. Большое внимание в новой программе уделено увеличению процента участия в проектах малых и средних предприятий, привлечению лучших ученых и широкому использованию и под-

держке существующих и создающихся в Европе объектов научной инфраструктуры.

Программа H2020 состоит из трех блоков приоритетных задач, решаемых в течение семи предстоящих лет:

- развитие передовой науки (Excellent science) с финансированием 24,6 млрд. евро с целью генерации передовых знаний в 10 областях фундаментальных и прикладных наук и в инжиниринге; развитие и формирование инфраструктуры для науки;
- индустриальное лидерство (Industrial leadership) с финансированием 17,9 млрд. евро, т.е. развитие приоритетных направлений в области: информационных и коммуникационных технологий; нанотехнологий; технологий современных материалов; биотехнологий; технологий перерабатывающей промышленности; космических исследований;
- социальные вызовы (Societal challenges) с финансированием 31,7 млрд. евро для решения социальных проблем в ответ на вызовы современности в сферах здравоохранения, демографических изменений и качества жизни; пищевой безопасности и устойчивого развития сельского хозяйства и биоэкономики; создания безопасной, чистой и эффективной энергетики; интеллектуального, экологически чистого транспорта; изменения климата и эффективного использования ресурсов и сырья.

Большая часть научного финансирования от ЕС распределяется на конкурсной основе. Конкурсы будут объявляться по определенным направлениям партнерств с промышленными предприятиями и совместно со странами-членами ЕС. Конкурсы 2014–2015 гг. предусматривают выделение 500 миллионов евро в течение двух лет инновационным малым и средним предприятиям. Ожидается, что многие проекты будут включать в себя гендерные аспекты, также будет выделено финансирование на дальнейшее поддержание обсуждения роли науки в обществе. Новые правила программы H2020 вводят требование «открытого

доступа», подразумевающее свободный доступ к публикациям результатов проектов, что, в частности, позволит корректировать приоритеты научно-технических программ и в России.

В постановлении Правительства Российской Федерации от 15 апреля 2014 г. № 301 «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Развитие науки и технологий» на 2013–2020 годы» отмечаются следующие тренды развития науки и технологий в мире, имеющие прямое отношение к реализации мегапроектов в России или к участию российских специалистов в зарубежных мегапроектах:

- приоритетное развитие фундаментальной науки, сохранение и поддержка ведущих научных школ, содействие воспроизводству и повышению качества ее кадрового потенциала, включая подготовку кадров высшей квалификации;
- интеграция образовательной и научной деятельности, развитие вузовского сектора науки и создание научно-образовательных центров, интеграция вузовского и академического секторов науки;
- развитие материально-технической базы фундаментальной и прикладной науки, включая обеспечение современным оборудованием, приборами и материалами, совершенствование инфраструктуры функционирования научных организаций;
- интеграция национальной науки в мировые процессы научно-технологического развития;
- формирование широкого взаимовыгодного партнерства с международными и зарубежными организациями и компаниями, нацеленного на обеспечение международного признания национальной науки и образования.

Рассмотренные в данной статье научные и инженерные проблемы меганауки должны рассматриваться в качестве научно-образовательного ресурса для повышения квалификации преподавателей, аспирантов

и инженеров. Инженерные задачи мегапроектов могут быть добавлены в тематику Президентской программы повышения квалификации инженерных кадров с целью совершенствования структуры инженерного образования.

Заключение

Ключевая особенность меганауки начала XXI в. состоит в том, что фундаментальные исследования достигли атомарного (наноразмерного) уровня и возникло желание конструировать материалы, исходя из субатомной структуры материи. По сути, ученые превращаются в главных инноваторов в экономике, и их коллегами на этом пути могут стать только инженеры. На сайте проекта Science Link [15] приведен весьма длинный перечень инженерных задач, решаемых мегапроектами, и сгруппированный по семи основным направлениям: сельское хозяйство и пищевая промышленность, химическая промышленность, строительство и инженерное проектирование, энергетика и транспорт, производство продуктов личной гигиены и санитарии (косметика, парфюмерия и проч.), материаловедение и нанотехнологии. Данный перечень можно использовать в современном инженерном образовании при формировании контента образовательных программ.

Статья подготовлена по материалам НИР, выполненной по государственному заданию Минобрнауки России по заявке 10.9118.2014.

Литература

1. Глазьев С.Ю. Технологические уклады. URL: http://studopedia.net/3_47818_syu-glazev-tehnologicheskie-ukladi.html
2. Руббальтер Д.А., Богачев Ю.С., Шестак В.П. Вузы в пространстве индикаторов международных рейтингов // Высшее образование в России. 2014. № 1. С. 11–19.
3. О текущей ситуации в экономике Российской Федерации.

- ской Федерации в январе–феврале 2014 года. М.: Минэкономразвития России, 2014. 120 с.
4. Стратегия импортозамещения в России. URL: <http://protestirui.ru/pravo/49>
 5. Горохов В.Г. Технонаука – новый этап в развитии современной науки и техники // Высшее образование в России 2014. №11. С. 37–47.
 6. Список лауреатов Нобелевской премии по физике. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/>
 7. Open Questions in Physics (2012). URL: http://math.ucr.edu/home/baez/physics/General/open_questions.html
 8. The Large Hadron Collider (LHC). URL: <http://home.web.cern.ch/topics/large-hadron-collider>
 9. The International Linear Collider. URL: <https://www.linearcollider.org/ILC>
 10. The European XFEL. URL: <http://www.xfel.eu/>
 11. FAIR – An International Facility for Anti-proton and Ion Research. URL: <http://www.fair-center.eu/>
 12. European Synchrotron Radiation Facility – ESRF. URL: <http://www.esrf.eu/>
 13. Как будет проходить оценка эффективности российских научных учреждений. URL: http://www.gazeta.ru/science/2014/10/24_a_6274225.shtml
 14. The EU Framework Programme for Research and Innovation. URL: <http://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en>
 15. Science Link offers companies the opportunity to investigate a current R&D issue by using state of the art scientific analysis at Europe's leading neutron and synchrotron research facilities. URL: http://www.science-link.eu/the-offer/index_eng.html

Статья поступила в редакцию 02.01.15.

FUNDAMENTAL SCIENCE AND ENGINEERING

SHESTAK Valery P. – Dr. Sci. (Physics), Prof., National Research Nuclear University MEPhI, leading researcher, Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russia. E-mail: VPSHestak@fa.ru

Abstract. The article deals with the formation processes of engineering tasks in the projects of fundamental science related to the class of mega-science, problems of use of the resulting knowledge to improve the professional level of the engineering corps and their importance for the development of Russia's economy.

Keywords: mega-science projects, «Horizon 2020» EU Framework Programme, new knowledge, engineering tasks

References

1. Glaz'ev S. Yu. (2013) *Tekhnologicheskie układy* [Techno-economic paradigm]. Available at: http://studopedia.net/3_47818_syu-glazev-tehnologicheskie-ukladi.html (In Russ.)
2. Rubvalter D.A., Bogachev Yu. S., Shestak V.P. (2014) [Higher education institutions in space of indicators of the international ratings]. *Vysshee obrazovanie v Rossii* [Higher Education in Russia]. No. 1, pp. 11-19. (In Russ., abstract in Eng.)
3. *O tekushchei situatsii v ekonomike Rossiiskoi Federatsii v yanvare-fevrale 2014 goda* [On the current situation in the economy of the Russian Federation in January-February 2014]. Available at: <http://economy.gov.ru/minrec/activity/sections/macro/monitoring/201402284> (In Russ.)
4. *Strategiya importozameshcheniya v Rossii* [The strategy of import substitution in Russia]. Available at: <http://protestirui.ru/pravo/49> (In Russ.)
5. Gorokhov V. G. (2014) [Technoscience as a new stage in the development of modern science and technology]. *Vysshee obrazovanie v Rossii* [Higher Education in Russia]. No. 11, pp. 37-47. (In Russ., abstract in Eng.)
6. *Spisok laureatov Nobelevskoi premii po fizike* [List of Ig Nobel Prize winners]. Available at: https://ru.wikipedia.org/wiki/Список_лауреатов_Нобелевской_премии_по_физике (In Russ.)
7. Open Questions in Physics (2012) Available at: http://math.ucr.edu/home/baez/physics/General/open_questions.html

8. The Large Hadron Collider (LHC) Available at: <http://home.web.cern.ch/topics/large-hadron-collider>
9. The International Linear Collider. Available at: <https://www.linearcollider.org/ILC>
10. The European XFEL. Available at: <http://www.xfel.eu/>
11. FAIR - An International Facility for Antiproton and Ion Research. Available at: <http://www.fair-center.eu/>
12. European Synchrotron Radiation Facility – ESRF. Available at: <http://www.esrf.eu/>
13. Zulina V. (2014) *Kak budet prokhodit' otsenka effektivnosti rossiiskikh nauchnykh uchrezhdenii* [How to evaluate the Russian scientific institutions effectiveness]. Available at: http://www.gazeta.ru/science/2014/10/24_a_6274225.html (In Russ.)
14. The EU Framework Programme for Research and Innovation. Available at: <http://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en>
15. Science Link offers companies the opportunity to investigate a current R&D issue by using state of the art scientific analysis at Europe's leading neutron and synchrotron research facilities. Available at: http://www.science-link.eu/the-offer/index_eng.html

The paper was submitted 02.01.15.

ОЦЕНКА СФОРМИРОВАННОСТИ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ

ПРАХОВА Марина Юрьевна – доцент кафедры автоматизации технологических процессов и производств, Уфимский государственный нефтяной технический университет. E-mail: prakhovamarina@yandex.ru

ЗАЙЧЕНКО Надежда Викторовна – канд. техн. наук, доцент, начальник отдела нормативного и информационно-методического обеспечения, Уфимский государственный нефтяной технический университет. E-mail: espis-ugntu@mail.ru

КРАСНОВ Андрей Николаевич – доцент кафедры автоматизации технологических процессов и производств, Уфимский государственный нефтяной технический университет. E-mail: ufa-znanie@mail.ru

Аннотация. Реализация компетентностного подхода на основе ФГОС кардинально изменила подход к решению многих вопросов организации учебного процесса в вузе, в том числе к вопросу оценки результатов образования. В статье рассмотрены проблемы перехода от оценки знаний, умений и навыков к оценке сформированности компетенций и предложены варианты такой оценки.

Ключевые слова: компетенция, компетентностный подход, результат образования, тестирование, государственный экзамен

Назовем две самые характерные черты образования на основе компетентностного подхода: смена технологии обучения и изменение форм и процедур оценки результата освоения образовательной программы. Смена технологии подразумевает переход от репродуктивного характера процесса обучения, дающего некую сумму знаний, к инновационным методикам, позволяющим обучать способам мышления, развивать

творческие способности, повышать профессиональное мастерство (свободное осуществление требуемой деятельности в стандартных и нестандартных ситуациях) [1]. Результатом освоения основной образовательной программы (ООП) теперь является приобретение комплекса общекультурных и профессиональных компетенций вместо набора знаний, умений и навыков.

Эти, не очень существенные, на первый