

Плазменные технологии в системе «Росатом»: межотраслевые эффекты изучения и применения в экономике

© И.А. Баженов, В.Г. Родионова

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

Рассмотрен потенциал позитивных межотраслевых эффектов изучения в научно-образовательных сферах, а также применения в промышленных и экологических сферах инновационной разработки плазменного плавления (ПП), созданной в системе «Росатом». Схематически представлена модель комплекса плазменного плавления (КПП) с описанием технологических, функциональных и экономических характеристик, позволяющих использовать КПП для более эффективного обращения с радиоактивными отходами в атомной промышленности, а также в промышленности большинства обрабатывающих производств. Для распространения и реального использования КПП в отраслях промышленности и в сфере защиты окружающей среды приведена таблица ориентировочного расчета стоимости при коммерциализации разработки КПП как инновационного продукта в денежном выражении.

Ключевые слова: технологическая инновация, атомная энергетика, плазменная печь, экономические характеристики, выгоды и преимущества применения.

Введение. Инновации, связанные с технологическими разработками ПП, — явление нередкое. Однако созданный в системе государственной корпорации (ГК) «Росатом» КПП отличается существенной новизной и актуальностью. Данная разработка содержит потенциал позитивных межотраслевых эффектов: для изучения ее в научно-образовательной сфере; для более эффективного обращения с твердыми радиоактивными отходами (РАО) в сфере отработанных продуктов атомного машиностроения; при ее применении в обрабатывающих производствах, а также в сфере защиты окружающей среды. Как высокотехнологичный инновационный «продукт», КПП содержит также потенциал коммерциализации на внутреннем и внешнем рынках для использования в процессах утилизации РАО и других промышленных отходов.

Перечислением межотраслевых эффектов данной технологической инновации не исчерпываются общие представления о давно известных проблемах в данной области, а также о научных и практических поисках возможностей для их более эффективного решения. В любой сфере постоянно развивающихся технологий, в том числе и в системе ГК «Росатом», непредвиденные эффекты новых разработок

могут быть опасны для экологии. В этой связи понятие межотраслевых эффектов инновационных технологий изначально рассматривается в широком кругу сфер: научно-образовательной, прикладной, где находят практическое применение технологические разработки, экологии и защиты окружающей среды для предупреждения непредвиденных эффектов от использования инновационных технологий. В широком межотраслевом аспекте, одновременно с поиском позитивного содержания инновационных технологических разработок, можно предусмотреть и существенно сократить масштаб их негативных последствий. Межотраслевые эффекты как результаты искомых технологических усовершенствований могут быть прогнозируемыми, если научно-образовательная сфера, включая вузовское инженерное образование, взаимодействует с фундаментальной и отраслевой наукой, а также с промышленно-производственной практикой.

Высокотехнологичные разработки атомной отрасли являются наукоемкими и специфичными по многим видам и сферам их применения. В настоящее время в системе ГК «Росатом» сосредоточены важнейшие центры отраслевых исследований, результаты которых составляют основу отечественной высокотехнологичной промышленности, формировавшейся на эффектах и последствиях, имеющих свою историю.

О проблеме утилизации РАО. Специалисты-экологи, эксперты по радиационной безопасности обращают внимание общественности на известную, существующую многие десятилетия проблему утилизации огромного количества РАО, накопленных с 1960-х гг. Сегодня это напоминание уместно в связи с завершением очередного, но все еще не последнего этапа консервации РАО на объекте В-9, представляющем собой открытую акваторию технического водоема озера Карачай в Челябинской области, в котором еще с советских времен накапливались РАО, приносящие колоссальный ущерб окружающей среде [1]. Кроме того, данный способ утилизации обременителен и для нынешней российской экономики.

По мере улучшения защитных технологий (в частности, технология консервации была усовершенствована в 1980-е гг.) проводилась консервация акватории радиоактивной воды площадью более 400 м². К осени 2015 г. озеро Карачай засыпали, однако предстоит еще 20-летнее наблюдение и обслуживание данного объекта с помощью системы скважин, а на контроль и снижение распространения загрязнения потребуется примерно 200 млн рублей.

Современные методы утилизации и хранения *твердых* РАО также интенсивно обновляются и постоянно совершенствуются [2]. Вместе с тем необходимо дальнейшее улучшение технологий утилизации, компактизации и хранения РАО и других промышленных отходов.

Вопрос технологий обращения с РАО сохраняет особую актуальность не только в межотраслевом, но и в территориальном плане. Так, в настоящее время в Северо-Западном регионе России [3] открыт Центр кондиционирования и долговременного хранения твердых РАО, — реакторных отсеков утилизированных атомных подводных лодок (АПЛ). Основные задачи по обращению с РАО АПЛ выполняет центр «СевРАО». Он находится в Мурманской области и введен в эксплуатацию в 2015 г. прежде всего для отработки технологии кондиционирования и долговременного хранения (КДХ) РАО. Ежегодно будут перерабатываться более 1000 м³ твердых РАО, включая РАО ядерной энергетики и ледокольного флота. В подготовке данного проекта принимали участие специалисты Energitwerke Nord, «РосРАО» и Курчатовского института. Расчетный период эксплуатации центра КДХ — 100 лет, из них 30 лет отводится на обращение с РАО и заполнение отсеков хранения, срок содержания которых — 70 лет, сообщают руководство проектного офиса «СевРАО» и администрация Мурманской области [3].

Новейшие технологические разработки обращения с твердыми РАО, создаваемые в системе ГК «Росатом», особо актуальны в связи с созданием и использованием плавучих атомных электростанций [4]. Вскоре они станут заменой привычным стационарным отечественным гигантам типа Билибинской АЭС и Чаунской ТЭЦ в Певеке, на Чукотке [5].

Учитывая значимость, ответственность и техническую сложность задач по защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций (ЧС), а также их предупреждению, научно-образовательная, вузовская сфера предусматривает подготовку высококвалифицированных специалистов по направлению «Техносферная безопасность» [6]. В рамках профиля подготовки «Защита в ЧС» изучаются способы решения технически сложных задач в условиях меняющейся обстановки. Подготовка инженерно-технических специалистов по указанному профилю осуществляется по мере накопления знаний в такой области, как «Экология и промышленная безопасность», формирующих предпосылки ожидаемого и достигаемого межотраслевого позитивного эффекта от научно-образовательных центров. Знания дополняются компетенциями, полученными в ходе производственной практики по мере ознакомления учащихся с отраслевыми ноу-хау.

Технологический отраслевой опыт, воплощаемый в соответствующих инновационных разработках, служит ориентиром и целью учебной и исследовательской деятельности научно-образовательной сферы, поскольку сохраняется острая потребность в специалистах, способных профессионально ориентироваться в отраслевых технологических разработках. Предмет исследования научных трудов ведущих ученых — фундаментальные основы для создания инновацион-

ных наукоемких продуктов и технологий, в том числе в области атомной энергетики. Одним из множества направлений является изучение фундаментальной теории об ионно-плазменных технологиях и их применении, в том числе и в энергетическом машиностроении [7].

Исследования в этой области, в частности, в МГТУ им. Н. Э. Баумана, связаны с изучением плазменных энергетических установок студентами старших курсов, аспирантами и инженерами, занимающимися разработкой и конструированием магнетронных распылительных систем [8].

КПП как новейшая технология переработки РАО и других промышленных отходов. В настоящее время в научных и промышленных центрах системы ГК «Росатом» сосредоточено несколько направлений разработок эффективных инновационных технологий энергетического машиностроения. Одна из них — уникальный вариант технологии ПП, применяющийся для более эффективной и экологически чистой утилизации отработанных твердых РАО. Новейшие технологии ПП пригодны также для использования во многих российских отраслях обрабатывающих производств. Но все же особую значимость для российской и мировой практики имеет проблема обработки и хранения твердых материалов и продуктов РАО. Это связано с тем, например, что отечественной атомной энергетике уже более 50 лет: первая в мире Обнинская АЭС была введена в эксплуатацию в середине XX в. На Обнинской и других российских и зарубежных АЭС старые энергоблоки выводятся из эксплуатации по мере их морального и физического старения. Проблема их замены, переработки и хранения имеет особо актуальный и непреходящий характер. Именно в этой связи и была сформулирована задача обновления соответствующих технологий, воплотившаяся в разработке комплекса плазменной печи.

Заказчиком данной разработки является концерн «Росэнергоатом», а руководство проектом и его реализация осуществлялись ОАО «ВНИИАЭС». Технологию плазменной переработки РАО развивает и поддерживает ФГУП «МосРадон». Технология ПП и собственно комплекс плазменной печи является продуктом 10-летней интеллектуальной деятельности ученых нескольких научно-исследовательских коллективов, осуществляющих этот проект с 2005 г. В проекте принимают участие отраслевые институты РНЦ «КИ» и ОАО «СНИИП». Систему контроля и управления разрабатывает ЗАО «РТСофт». До 2011 г. проектные работы осуществлялись ОАО «Атомэнергопроект». В 2011 г. проект привязки комплекса к зданию А210 вела ЗАО «Альянс-Гамма»: Нововоронежская АЭС (НВАЭС) стала первой площадкой для тестирования промышленного комплекса такого рода.

Следует отметить, что все блоки НВАЭС — головные блоки серий, т. е. первые в своем роде технологии атомной отрасли более по-

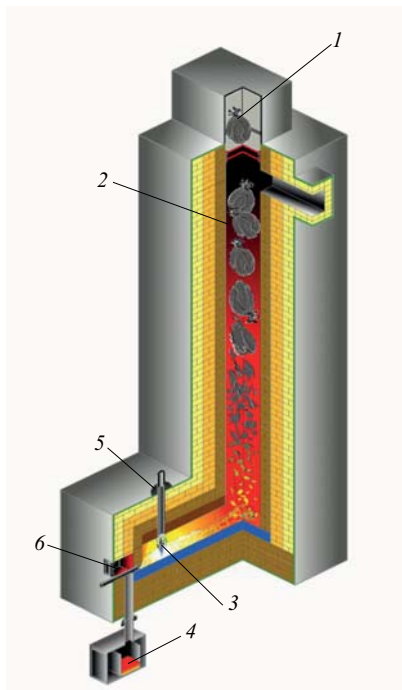
лувека обрабатывались на НВАЭС, прежде чем выйти в массовое производство. Это относится и к КПП. Впервые данная технология была продемонстрирована в середине 2015 г. на площадке НВАЭС филиалом «Концерн Росэнергоатом» — «Опытно-демонстрационным инженерным центром по выводу из эксплуатации» (ОДИЦ), где присутствовали отечественные и зарубежные специалисты в области энергетики, а также соавтор этой статьи. Новая и весьма необычная технология плазменной переработки РАО прошла начальное тестирование, была отмечена высокой оценкой отечественных и зарубежных специалистов-энергетиков и получила рекомендацию для широкого применения в отечественной экономике и за рубежом.

В настоящее время плазменная печь работает в тестовом режиме на площадке НВАЭС, перерабатывая промышленно-хозяйственные отходы в ОДИЦ. Однако данная технология предназначена для значительно более широкого применения на российских АЭС, в иных отраслях отечественной экономики, а также может быть экспортирована в другие страны. С помощью технологии, составляющей основу КПП, могут быть заменены устаревшие методы переработки РАО и других промышленных отходов, которые все еще применяются, но являются неэффективными и не могут перерабатывать РАО *непосредственно на АЭС*, даже в столь развитых странах, как Франция, Китай и др.

Характеристики технологических преимуществ и экономической эффективности КПП. Что представляет собой КПП и в чем его особенности? В качестве первоочередного и весьма краткого ответа на этот вопрос можно использовать представленную в отраслевой печати [9] общую характеристику плазменной печи как ноу-хау для утилизации промышленных и прежде всего твердых РАО.

Наиболее общее определение КПП — *плазменная печь по переработке РАО и других отработанных материалов промышленной деятельности*. Однако столь актуальная, инновационная разработка, как КПП, заслуживает более подробного рассмотрения ее функциональных особенностей, экологических, технологических и экономических преимуществ.

Основой КПП является печь шахтного типа с узлами загрузки отходов и сливом шлакового расплава (см. рис.). Внутренней основой шахты является плавитель, в верхней части которого установлен дуговой плазмотрон, а в нижней торцевой части находится сливное устройство, состоящее из горизонтально установленного сливного блока со сливным отверстием. Имеется также соответствующий стопор, запирающий сливное отверстие в процессе разогрева плавителя и по окончании слива отработанного материала — шлаков. После накопления в подовой части печи, перегрева и усреднения шлаковый расплав сливается в металлические приемные контейнеры.



Комплекс плазменной печи:

1 — узлы загрузки отходов; 2 — печь шахтного типа; 3 — плавитель; 4 — слив шлакового расплава; 5 — дуговой плазмотрон; 6 — сливное устройство

Плавленный шлак — *шлаковый кампаунд* — представляет собой стеклоподобный монолит. В нем надежно фиксируются оксиды тяжелых металлов (свинец, никель, медь, цинк и др.). Плотность шлаков составляет $2,2\text{--}3,5 \text{ г/см}^3$, что примерно соответствует плотности мрамора. Полученные в плазменном процессе плавленные шлаки являются чрезвычайно устойчивым к химическому воздействию материалом; скорость выщелачивания (вымывания) натрия — одного из самых «подвижных» элементов — из шлака в воду в среднем на порядок ниже подобного показателя для боросиликатных стекол и на 2–3 порядка ниже, чем у цементных матриц.

Скорость выщелачивания большинства других элементов, в том числе тяжелых металлов, еще ниже, поэтому переработку в подобный шлаковый кампаунд можно рассматривать как одно из самых совершенных средств для консервации радиоактивных элементов и неорганических токсикантов.

Переработанные РАО помещаются в герметичные металлические, а затем в бетонные контейнеры, таким образом исключается вероятность попадания РАО и других токсичных отходов в окружающую среду.

Плазменная печь имеет целый ряд и других преимуществ по сравнению с предыдущими технологиями переработки РАО. Так, *экономичность* является дополнительной причиной заинтересованности в данной установке специалистов, в том числе в сфере инженерного бизнеса, как в атомной, так и в других отраслях экономики, где требуется утилизация отходов промышленно-хозяйственной деятельности. В этом аспекте особенности комплекса плазменной печи весьма существенны. Во-первых, в системе АЭС применение инновационной технологии КПП отличает высокая производительность, равная переработке РАО объемом 250 кг/ч. Это позволяет сократить объем «отработанного» материала в 20–44 раза. Образовавшийся шлак, упакованный в герметичные бетонированные контейнеры, подлежит передаче *национальному оператору* для дальнейшего хранения. Во-вторых, технологическая и экономическая выгодность процесса плазменной переработки твердых РАО на АЭС выражается в возможности заменить дорогостоящие комплексы обращения с твердыми РАО на основе технологий сжигания, цементирования, прессования и суперкомпактирования отходов этого типа. В отличие от применяемых в настоящее время устаревающих способов, продукты плазменной переработки РАО не потребуют повторного кондиционирования через 30–50 лет, что в значительной мере повышает их экологическую безопасность.

Итак, по сравнению с прежде используемыми термическими технологиями новая технология плазменной переработки РАО обладает следующими преимуществами:

- необязательна предварительная сортировка поступающих на переработку отходов;
- объем первичных отходов утилизации сильно уменьшается;
- отходы преобразуются в наиболее безопасную форму (шлак), химически устойчивую к агрессивным воздействиям;
- процесс переработки экологически безопасен, его воздействие на окружающую среду (в т. ч. состав и количество газовых выбросов в атмосферу) удовлетворяет самым высоким современным требованиям;
- высокий уровень подконтрольности получаемого шлака и возможность его надежной изоляции путем компактного захоронения в стандартных бетонных или металлических контейнерах;
- возможность переработки РАО со сравнительно высоким содержанием неорганических компонентов, в том числе суперкомпактированных и предварительно прессованных отходов;
- возможность компактного размещения технологического оборудования КПП, что сокращает потребность в площади производственных помещений в сравнении удельных показателей;
- сравнительно невысокие удельные капитальные и эксплуатационные затраты на единицу массы переработанных отходов.

Экономические и технологические параметры производительности КПП, ее габариты, электрическая мощность плазмотронов, а также другие характеристики рассчитаны соавтором данной статьи И. Баженовым:

Производительность по твердым отходам, кг/ч.....	200...250
Габариты шахтной печи, м:	
внутреннее сечение.....	0,4×0,4
внешнее сечение.....	0×2,0
высота.....	7,2
Количество плазмотронов в печи.....	2
Электрическая мощность плазмотронов, кВт.....	90...150
Время выхода на режим, ч.....	16...24
Удельные энергозатраты, кВт·ч/кг.....	1...3

Следует отметить, что по части *экологической эффективности* отечественные технологии КПП по переработке РАО и прочих видов экологически опасных отходов, как и другие разработки в системе ГК «Росатом», сделали огромный шаг вперед. Это позволяет использовать комплекс плазменной печи в отечественной практике, а также продавать данную разработку на мировом рынке. Серийное создание подобных инновационных комплексов в значительной степени упростит и обезопасит переработку РАО в связи с выведением устаревающих энергоблоков из текущей эксплуатации. В зависимости от морфологии поступивших на переработку отходов промышленной и хозяйственной деятельности коэффициент сокращения первоначального объема отходов составит от 20 до 44 % переработанного шлака в приемных контейнерах.

ГК «Росатом», как высокотехнологичная и конкурентоспособная организация, вынужден заниматься коммерциализацией своей инновационной продукции, осуществлять предпринимательскую деятельность, изучать маркетинг и «продвигать» инновационные научные идеи и практические, конкурентоспособные машиностроительные технологии на мировой рынок с учетом специфики области управления организациями, в том числе в государственном секторе экономики [10]. Здесь также имеет место существенный межотраслевой эффект формирования специальных знаний финансово-экономического содержания. Общие экономические знания, соответствующие компетенции, а также специализированные навыки особенно востребованы в области системного анализа отечественных и зарубежных рынков. Такой анализ основан на исследовании особенностей микроэкономики высокотехнологичных фирм, функционирующих в том числе в системе «Росатом», где имеются специфические особенности формирования производственных издержек (ресурсных затрат), а также закономерностей формирования спроса на отечественные высокотехнологичные ноу-хау и наукоемкую продукцию [11].

Экономическая «цена вопроса» инновационных разработок в фирмах, подобных ГК «Росатом», становится очевидной в ходе ознакомления с их конкретной производственной практикой, позволяющей сформировать примерную модель стоимости КПП как ноу-хау для любой высокотехнологичной отрасли (см. табл.).

Таблица

**Расчет стоимости при коммерциализации КПП
как высокотехнологичного инновационного продукта**

Наименование показателей	Стоимость, руб.*
1. Материальные расходы	6 985 127,80
1.1. Сырье и материалы, используемые при выполнении работ (оказании услуг)	3 180 000,00
1.2. Комплектующие изделия и (или) полуфабрикаты, подвергающиеся монтажу и (или) дополнительной обработке в организации	335 127,80
1.3. Работы и услуги производственного характера, выполняемые сторонними организациями или индивидуальными предпринимателями	0,00
1.4. Другие обоснованные материальные расходы	0,00
1.5. Спецоборудование для научных (экспериментальных) работ	3 470 000,00
2. Расходы на оплату труда в соответствии с принятыми в организации формами и системами оплаты труда	19 040 262,00
2.1. Расходы на оплату труда работников, непосредственно участвующих в выполнении работ (оказании услуг)	13 306 000,00
2.2. Расходы на оплату труда работников, привлекаемых для работы по договорам гражданско-правового характера (включая договоры подряда)	1 350 000,00
2.3. Взносы в ПФ, ФСС, ФФОМС и ТФОМС и отчисления по обязательному социальному страхованию от несчастных случаев на производстве (30,2 % от п. 2.1)	4 018 412,00
2.4. Взносы в ПФ, ФФОМС и отчисления по обязательному социальному страхованию от несчастных случаев на производстве (27,1 % от п. 2.2)	365 850,00
3. Расходы на служебные командировки лиц, непосредственно участвующих в выполнении работ (оказании услуг)	5 136 500,00
4. Накладные расходы (74 % от п. 2.1)	9 846 440,00
5. Расходы, связанные с производством и реализацией работ (услуг), (п. 1 + п. 2 + п. 3 + п. 4)	41 008 329,80
6. Прибыль (10 % от п. 5 – п. 1 – п. 3)	2 888 670,20
7. Цена договора	43 897 000,00
8. Налог на добавленную стоимость 18 % (НДС)	7 901 460,00
9. Цена договора с учетом НДС	51 798 460,00
* Приведенные в табл. числовые данные условны, так как их значение, близкое к фактическому уровню, относится к концу 2012 — началу 2014 г. и может отклоняться от реальных стоимостных затрат в других высокотехнологичных отраслях, к числу которых относится ГК «Росатом».	

Давно и хорошо известно, что инновационное обновление сложных промышленно-производственных систем экономически эффективными технологиями способствует росту их капитализации. Это доказано в исследованиях влияния усовершенствованных технологий на управление стоимостью инновационных промышленных предприятий, способствующего росту их эффективности и конкурентоспособности [12].

Реализация межотраслевых эффектов, связанных с деятельностью в системе ГК «Росатом», требует учета специфики отрасли, особенностей ее интернационализации и внутриотраслевой инженерно-производственной деятельности, где в дополнение к профессиональным задачам необходимо также изучение экологического законодательства, свободное владение иностранными языками и основами внешнеэкономической деятельности.

Специализированная профессиональная подготовка инженерно-технических специалистов сформирована в научно-образовательной сфере с помощью актуализации учебных программ, а также практик непосредственно на предприятиях и в научных центрах отраслей, осуществляющих инновационно-технологические разработки, к числу которых относится также и деятельность системы ГК «Росатом».

Заключение. Отраслевые научно-практические разработки, в частности широкое использование плазменных технологий в системе ГК «Росатом», — значимое явление, требующее соответствующей инженерной и экономической подготовки специалистов. Существующие, в том числе апробированные и в ряде случаев уже применяемые в отечественной практике технологические инновации, заслуживают широкого освещения для обсуждения, межотраслевого анализа и обоснования потенциала их применения со значительным коэффициентом технико-технологического, экологического и экономического эффектов.

Научные разработки энергетических технологий в системе ГК «Росатом», их изучение в сферах соответствующего образования, широкое освещение и практическое применение способствуют росту престижа отечественной науки, сферы профессионального образования, подтверждающих социально-экономическую эффективность и значимость решаемых задач в области экологии и охраны окружающей среды. Отечественные технологические достижения заслуживают более интенсивного использования в отраслях чистой энергетики, обрабатывающих производств, а также для расширения структуры российского экспорта наукоемких технологий, готовой продукции и услуг. Отраслевые сферы, где востребованы профессионально подготовленные специалисты, — это отечественная атомная промышленность, отраслевая экономики обрабатывающих производств, а также сфера международного сотрудничества.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Шингаркин М.А. Карачай, давай, до свидания! *Страна Росатом*, 2015, № 46 (222). URL: <http://www.strana-rosatom.ru/%E2%84%96-46222/> (дата обращения 09.12.2015).
- [2] Наумов В.А., Гусак С.А. Долгоживущие радионуклиды и проблема захоронения радиационных отходов в Северном регионе России. *Вестник МГТУ*, 2010, том 13, № 4/2, с. 887–894.
- [3] Отходы под контролем. *Страна РОСАТОМ*, 2015, № 46 (222). URL: <http://www.strana-rosatom.ru/%E2%84%96-46222/> (дата обращения 17.12.2015).
- [4] СМИ об атомной отрасли. *Росатом*. URL: <http://www.rosatom.ru/journalist/atomicosphere/59e5c10041c0ae01900ade7d52db92e7> (дата обращения 11.11.2015).
- [5] Петров В. *Два реактора «Академика Ломоносова» ждут в Певеке. Газета.RU*. URL: http://www.gazeta.ru/science/2015/08/26_a_7718603.shtml (дата обращения 11.11.2015).
- [6] Девисилов В.А., Александров А.А., Суцев С.П., Копытов Д.О., Калайдов А.Н. Технология обучения студентов по направлению «Техногенная безопасность» (по профилю «Защита в чрезвычайных ситуациях») на кафедре «Экология и промышленная безопасность» в МГТУ им. Н.Э. Баумана. *Безопасность в техносфере*, 2014, № 3, с. 55–59.
- [7] Марахтанов М.К., Духопельников Д.В., Ивахненко С.Г. Влияние распределения удельного магнитного потока в двигателях с анодным слоем на распределение потенциала плазмы в ускорительном канале. *Инженерное образование*, 2013, № 11, с. 193–204.
- [8] Духопельников Д.В. *Магнетронные распылительные системы*. Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014, с. 55.
- [9] Плазменная печь. Ноу-хау для РАО. *Страна РОСАТОМ*, 2015, № 39 (215). URL: <http://www.strana-rosatom.ru> (дата обращения 29.10.2015).
- [10] Родионова В.Г. *Управление в государственном секторе экономики*. Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001, с. 53.
- [11] Родионова В.Г. *Микро- и макроэкономика*. Москва, Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2015, с. 448.
- [12] Дроговоз П.А. *Управление стоимостью инновационного промышленного предприятия*. Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007, с. 239.

Статья поступила в редакцию 22.01.2016

Ссылку на эту статью просим оформлять следующим образом:

Баженов И.А., Родионова В.Г. Плазменные технологии в системе «Росатом»: межотраслевые эффекты изучения и применения в экономике. *Гуманитарный вестник*, 2016, вып. 1. URL: <http://hmbul.ru/catalog/ecoleg/econom/337.html>

Баженов Илья Алексеевич — независимый исследователь, студент факультета «Энергетическое машиностроение» МГТУ им. Н.Э. Баумана.

e-mail: brovi.brezhneva@gmail.com

Родионова Валентина Георгиевна — канд. экон. наук, доцент кафедры «Экономическая теория» МГТУ им. Н.Э. Баумана. Лауреат премии Правительства Российской Федерации (2002). Автор 38 учебно-методических и научных изданий, учебных пособий «Макроэкономика» (2013) и «Микроэкономика» (2014), спецкурса «Управление государственной собственностью», соавтор учебника «Экономика» кафедры «Экономическая теория», а также учебников «Микроэкономика», Область научных интересов — инновации и информационные технологии, космическая сфера деятельности как фактор динамической эффективности экономики.

e-mail: avtogo2@mail.ru

Plasma technology in the “Rosatom” system: Interindustry effects of the study and application in the economy

© I.A. Bazhenov, V.G. Rodionova

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, 105005, Russia

The article considers the potential of the positive interindustry effects in the study of innovative technique of plasma melting developed in the system of “Rosatom” in the scientific and educational spheres, as well as its application in industrial and environmental fields. A model of the complex for plasma melting (CPM) is presented in the article as a scheme with the description of technological, functional and economic characteristics, allowing the use of CPM for more effective management of radioactive waste in the nuclear industry, as well as in most of manufacturing industries. For practical distribution and the actual use of the CPM in industry and in the field of environmental protection the table of the indicative cost calculation of commercialization of CPM as an innovative product in terms of money is presented.

Keywords: *technological innovation, nuclear power engineering, plasma furnace, economic characteristics, benefits and advantages of application.*

REFERENCES

- [1] Shingarkin M.A. *Strana Rosatom – Country Rosatom*, 2015, no. 46 (222), pp.1, 5. Available at: <http://www.strana-rosatom.ru/%E2%84%96-46222/> (accessed December 9, 2015).
- [2] Naumov V.A., Gusak S.A. *Vestnic MGTU – Herald of MSTU*, 2010, vol. 13, no. 4/2, pp. 887–894.
- [3] *Strana Rosatom – Country Rosatom*, 2015, no. 46 (222), p. 2. Available at: <http://www.strana-rosatom.ru/%E2%84%96-46222/> (accessed December 17, 2015).
- [4] *SMI ob atomnoy otrasli* [Media about the Nuclear Industry]. Available at: <http://www.rosatom.ru/journalist/atomicsphere/59e5c10041c0ae01900ade7d52db92e7> (accessed November 11, 2015).
- [5] Petrov V. Dva reaktora “Akademika Lomonosova” zhdu v Peveke [Two Reactors of "Academician Lomonosov" Are Waiting in Pevek]. *Gazeta.ru*, 26 August, 2015. Available at: http://www.gazeta.ru/science/2015/08/26_a_7718603.shtml (accessed November 11, 2015).
- [6] Devisilov V.A., Aleksandrov A. A., Sushchev S.P., Kopytov D.O., Kalaydov A.N. *Bezopasnost v tekhnosfere – Safety in Technosphere*, 2014, no. 3, pp. 55–59.
- [7] Marakhtanov M.K., Dukhopelnikov D.V., Ivakhnenko S.G. *Inzhenernoe obrazovanie – Engineering education*, 2013, no. 11, pp. 193–204.
- [8] Dukhopelnikov D.V. *Magnetronnyye raspylitelnyye sistemy* [Magnetron Sputtering Systems]. Moscow, BMSTU Publ., 2014, 55 p.
- [9] *Strana Rosatom – Country Rosatom*, 2015, no. 39 (215), p. 2. Available at: <http://www.strana-rosatom.ru> (accessed October 29, 2015).
- [10] Rodionova V.G. *Upravlenie v gosudarstvennom sektore ekonomiki* [Management in the Public Sector of the Economy]. Moscow, BMSTU Publ., 2001, p. 53.
- [11] Rodionova V.G. *Mikro- and makroekonomika* [Micro- and Macroeconomics]. Moscow, BMSTU Publ., 2015, p. 448.

- [12] Drogovoz P.A. *Upravlenie stoimostyu innovatsionnogo promyshlennogo predpriyatiya* [Cost Management of Innovative Industrial Enterprise]. Moscow, BMSTU Publ., 2007, p. 239.

Bazhenov I.A., independent researcher, seventh year student, Department of Nuclear Reactors and Plants, Bauman Moscow State Technical University.
e-mail: brovi.brezhneva@gmail.com

Rodionova V.G., Cand. Sci (Economics), Associate Professor, Department of Economic Science, Bauman Moscow State Technical University. Laureate of the Russian Federation Government Prize (2002). Author of about 38 educational and research works. The author of electronic publications and printing of teaching aids "Macroeconomics" (2013) and "Microeconomics" (2014). Author of a special course «State Property Management ». Co-author of the textbook "Economics" (having been issued from 1990 to the present), as well as the textbook "Microeconomics" (having been issued from 2004 to the present by Finance Academy under the Government of the Russian Federation), author of the textbook "Micro-and Macroeconomics" issued by BMSTU Publ. in 2015. Field of research interests: innovation and information technologies, aerospace activity as a factor of the dynamic efficiency of the economy. e-mail: avroro2@mail.ru