

Формирование базы знаний путем системного анализа технологий и техники для обращения с отработавшим ядерным топливом для синтеза новых патентоспособных решений

И.Р. Шегельман, А.С. Васильев

Петрозаводский государственный университет, Петрозаводск

Аннотация: Для формирования базы знаний проведен системный анализ патентоспособных технологий и оборудования для обращения с отработавшим ядерным топливом. При анализе были сформированы интеллектуальные базы знаний в отношении совершенствуемых или заменяемых объектов технологий и техники с учетом их роли в сквозных технологиях и смежных операциях этих процессов. Результаты исследований показали эффективность формирования базы знаний и ее использования для синтеза новой интеллектуальной собственности. В результате проделанной работы были найдены новые технические решения в отношении конструкции контейнеров для транспортировки и хранения отработавшего ядерного топлива из чугуна с шаровидным графитом. Значимость найденных решений подтверждается получением в их отношении патентов на изобретение.

Ключевые слова: отработавшее ядерное топливо, патент, транспортировка и хранение, транспортно-упаковочные контейнеры

Вопросы экологически безопасного обращения с отработавшим ядерным топливом (ОЯТ) и радиоактивными отходами (РАО) находятся под пристальным вниманием государственных и межгосударственных структур, специалистов, ученых, средств массовой информации в России и за рубежом [1-3].

В нашей стране к решению этой проблемы привлечены многочисленные научные, производственные и научно-производственные структуры. Об этом свидетельствуют многочисленные публикации по этой проблеме. Федеральный центр ядерной и радиационной безопасности (ФГУП «ФЦЯРБ») акцентирует внимание, как на проблемах, так и на пробелах правового регулирования в сфере обращения с ОЯТ в России и на значимости того, что ОЯТ представляют собой ценное вторичное сырье для получения компонентов ядерного топлива и ряда радиоактивных изотопов [4]. Специалисты Института государства и права РАН,

ЦНИИАТОМИНФОРМ, ООО «ТВЭЛЛ» и ООО «РЭСцентр» в работе [5] анализируют радиационную обстановку в северо-западном федеральном округе (СЗФО) РФ. Специалистами ООО «ТВЭЛЛ», Ленинградского отделения СЗФО ФГУП «РосРАО» и Северо-Западного заочного технического университета выполнен аналитический обзор существующих и перспективных методов переработки жидких радиоактивных отходов (ЖРО) и синтез новых высокоизбирательных комбинированных сорбентов для эффективной переработки ЖРО [6].

Специалисты ФГУП ПИИ промышленной и морской медицины, Северо-Западного заочного технического университета и СПб-филиал ЦИПК предложили мероприятия для снижения радиозоологической опасности при обращении с РАО и ОЯТ [7]. Специалисты ОАО «ОКБМ Африкантов», ФЦ ЯРБ, «Атомфлот» и ОАО «ГИ ВНИПИЭТ» дали предложения по оптимизации обращения с отработавшим ядерным топливом [8].

Коллектив специалистов Центра «Техническая диагностика и надежность АЭС и ТЭС», Ленинградской АЭС и Санкт-Петербургского политехнического университета исследовал процессы вакуумного осушения металлобетонного контейнера для «сухого» хранения отработавшего ядерного топлива [9]. Комплексный коллектив специалистов Центра «Техническая диагностика и надежность АЭС и ТЭС» и ООО НПФ «Сосны» разработал методику расчета количества влаги в таком контейнере при загрузке ОЯТ [10].

В работе Физико-технического института НАН Беларуси показаны достоинства хранения ОЯТ в стеллажах с шестигранными трубами из бористой стали, изготовленными методом электронно-лучевой сварки [11]. В работе [12] рассмотрены вопросы обращения с ОЯТ и радиоактивными отходами при выводе из эксплуатации ядерных и радиационно-опасных объектов. В работе сотрудников Федерального медицинского

биофизического центра им. А.И. Бурназяна предложена информационно-аналитическая система многокритериального анализа технологий обращения с РАО и ОЯТ и оценки стратегической конкурентоспособности инновационной технологии обращения с РАО (ОЯТ) [13].

Специалисты Сибирского федерального университета, СКТБ «Наука» ИВТ СО РАН и Радиохимического завода Горно-химического комбината доказали эффективность кавитационной технологии при обращении с отходами переработки ОЯТ по сравнению с традиционной переработкой при извлечении их из емкостей-хранилищ [14].

Коллектив специалистов Федерального медико-биологического агентства России, Государственного управления Норвегии по ядерной и радиационной безопасности («NRPA»), Федерального медицинского биофизического центра им. А.И. Бурназяна («ФМБА») России и компании «Abingdon Ltd» на примере Губы Андреева на Кольском полуострове изучен опыт мероприятий, обеспечивающих радиационную безопасность лиц, участвующих в выполнении технологий обращения с ОЯТ и РАО, населения, проживающего в районах расположения пункта временного хранения ОЯТ и РАО и обеспечения охраны окружающей среды на примыкающих к этому пункту территориях. Показаны достижения в работе по проектам сотрудничества «ФМБА» России и «NRPA» Норвегии [15].

Специалисты ГНЦ РФ-ФЭИ им. А.И. Лейпунского (г. Обнинск), ОКБ «Гидропресс» (г. Подольск), НИТИ им. А.П. Александрова (г. Сосновый Бор) сформулированы основные подходы по их решению проблемы обращения с ОЯТ жидкометаллических реакторов [16].

В развитие ранее сформированной базы знаний в области обращения отработавшего ядерного топлива с использованием базы знаний ФИПС по термину «отработавшее ядерное топливо» было рассмотрено: за 2015 год –



38 патентов; за 2016 год – 28 патентов; за 2017 год – 33 патента; за 2018 год – 28 патентов; за 2019 год – 2 патента.

Авторы статьи ограничили более детальный анализ патентной информации технологическими и техническими решениями в области изготовления конструкций корпусов контейнеров к транспортно-упаковочным комплектам (ТУК) для ОЯТ и РАО из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом (ВЧШГ). Перспективность этого направления показана в работах специалистов АО НПО «ЦНИИТМаш» и ОАО «ИЦЯК» [17], ООО «Литейный завод «Петрозаводскмаш» и АО НПО «ЦНИИТМаш» [18], Петрозаводского государственного университета [19] и др.

С учетом того, что многочисленные исследования отечественных и зарубежных ученых показывают, что для поиска новых технических решений необходим анализ рассматриваемого объекта техники – проведение системного анализа [20], авторами в качестве объектов патентных исследований были выбраны технологии изготовления, конструкции и элементы конструкций ТУК. При анализе была сформирована интеллектуальная база знаний о совершенствуемых или заменяемых объектах технологий и техники, учитывается их роль в сквозных технологиях производств ТУК и смежных операциях этих процессов. База знаний использована авторами при участии А.Н. Капилевича и Д.М. Богданова при формировании интеллектуальной собственности, охраняемой патентами в отношении конструкций и элементов конструкций ТУК. В их числе: варианты способов изготовления ТУК (патенты RU № 2486614, № 2582083); варианты конструкций ТУК (патенты RU № 115119, № 118464, № 145052, № 2642449, № 171909, № 187096, 187096); варианты способов изготовления толстостенных отливок из ВЧШГ (патенты RU № 2510306, № 2637459); варианты литейных форм для изготовления крупнотоннажных отливок корпусов контейнеров (патенты RU №№ 140969, 140968, 2660143);

устройство для заливки металла (патент RU № 171687); варианты способов изготовления корпуса контейнера ТУК (патенты RU №. 2646852, № 2670103, RU № 171910, № 2674464); чехол для ТУК (патент RU № 171956) и др.

При участии А.Н. Капилевича и Д.М. Богданова авторами в развитие предыдущих патентов разработано новое техническое решение, заключающееся в модернизации литого из ВЧШГ корпуса контейнера ТУК отличающееся тем, что на этапе изготовления отливки корпуса контейнера в его стенку встраивается образующий сплошную стенку нейтронно-защитный барьер из графита с содержанием поглотителя нейтронов, например, добавок бора, гадолиния. В этом случае повышается технологичность изготовления корпуса контейнера за счет того, что отверстия для размещения нейтронной защиты в виде полиэтилена, традиционно используемого для этой цели, выполняются не в металле, а в графитовой вставке, влитой в стенку корпуса. Поскольку графит является материалом с высокой степенью теплопроводности и характеризуется способностью препятствовать свободному движению нейтронов, то обеспечивается возможность разместить отверстия под нейтронную защиту не в два ряда на concentрических диаметрах, как это осуществляется в настоящее время, а в один ряд с уменьшением площади сечения перемычек между отверстиями и при этом обеспечить улучшение показателей радиационной защиты корпуса контейнера, а также улучшить теплоотвод от тепловыделяющих сборок, размещаемых в центральной части корпуса контейнера к его внешней поверхности.

Предложенное техническое решение не только обеспечивает высокую технологичность изготовления конструкции контейнера, но и позволяет увеличить степень радиационной защиты контейнера и улучшить отвод тепла от перевозимых в контейнере тепловыделяющих сборок с ОЯТ без

увеличения габаритных размеров, которые регламентируются технологическим оборудованием, используемым при обращении с ТУК.

Таким образом, на примере корпуса контейнера ТУК для ОЯТ результаты исследований показали эффективность системного анализа технологий и оборудования для синтеза новой интеллектуальной собственности.

Литература

1. Попков В.А. Развитие технологий обращения с отработавшим ядерным топливом: дисс. ... канд. техн. наук: 05.14.03. СПб., 2016. 150 с.
2. Updated EIA survey provides data on spent nuclear fuel in the United States. 2015. URL: eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=24052 (date of access 07.04.19).
3. Storage and Disposal of Radioactive Waste. URL: world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/nuclear-waste/storage-and-disposal-of-radioactive-waste.aspx (date of access 07.04.19).
4. Гришин А.Н. Совершенствование законодательства Российской Федерации в сфере обращения с отработавшим ядерным топливом // Труды Института государства и права РАН. 2011. № 2. С. 210-219.
5. Муратов О.Э., Тихонов М.Н., Рылов М.И. Ядерно-радиационное наследие на Северо-Западе России: обеспечение ядерной и радиационной безопасности, роль общественности // Экология промышленного производства. 2014. № 1 (85). С. 34-45.
6. Муратов О.Э., Степанов И.К., Царева С.М. Методы переработки жидких радиоактивных отходов: аналитический обзор // Научные и технические аспекты охраны окружающей среды. 2013. № 3. С. 17-40.
7. Муратов О.Э., Тихонов М.Н., Пискунов В.М., Таиров Т.Н. Обеспечение радиозэкологической безопасности при обращении с радиоактивными отходами и отработавшим ядерным топливом в условиях



инновационного развития ядерной энергетики // Экологические системы и приборы. 2012. № 1. С. 12-24.

8. Вавилкин В.Н., Душев С.А., Коломиец Б.И., Сандлер Н.Г., Тимофеев А.В., Казаков С.В., Кашка М.М., Токаренко А.И. Оптимизация обращения с отработавшим ядерным топливом ПТБ «ЛЕПСЕ» // Атомная энергия. 2011. Т. 111. № 1. С. 57-59.

9. Карякин Ю.Е., Лаврентьев С.А., Павлюкевич Н.В., Плетнев А.А., Федорович Е.Д. Расчет процесса вакуумного осушения металлобетонного контейнера с отработавшим ядерным топливом // Инженерно-физический журнал. 2012. Т. 85. № 1. С. 158-166.

10. Карякин Ю.Е., Нехожин М.А., Плетнев А.А. Метод расчета длительности вакуумного осушения металлобетонного контейнера с отработавшим ядерным топливом // Инженерно-физический журнал. 2013. Т. 86. № 4. С. 689-695.

11. Поболь И.Л. Применение электронно-лучевых технологий - этап решения проблемы обращения с отработавшим ядерным топливом // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия В: Промышленность. Прикладные науки. 2014. № 3. С. 35-42.

12. Роменков А.А., Ярмоленко О.А., Андреева Л.А., Ермошин Ф.Е., Туктаров М.А., Семенихин В.И., Уфаев Н.Н. Вывод из эксплуатации ядерных и радиационно опасных объектов, обращение с отработавшим ядерным топливом и радиоактивными отходами // Атомная энергия. 2012. Т. 113. № 1. С. 54-58.

13. Игнатов А.А., Буланова Т.М., Фаткина С.С., Хитрин В.В. Многокритериальный анализ и сетевые модели оценки эффективности технологий обращения с радиоактивными отходами и отработавшим ядерным топливом // Атомэко-2010 IV Международная конференция и выставка. 2010. С. 8-11.

14. Кулагина Т.А., Кулагин В.А., Москвичев В.В., Попков В.А. Применение кавитационной технологии в процессах обращения с отработавшим ядерным топливом // Экология и промышленность России. 2016. Т. 20. № 10. С. 4-10.

15. Уйба В.В., Сневе М.К., Самойлов А.С., Шандала Н.К., Симаков А.В., Киселев С.М., Сегень-Иванюк К., Семенова М.П., Бельских Ю.С., Крючков В.П., Чижов К.А., Смит Г.М. Регулирование обращения с отработавшим ядерным топливом на пункте временного хранения в губе андреева на Кольском полуострове // Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2017. Т. 62. № 4. С. 12-16.

16. Зродников А.В., Забудько А.Н., Игнатъев С.В., Николаев С.А., Панкратов Д.В., Сомов И.Е., Суворов Г.П., Тошинский Г.И., Драгунов Ю.Г., Бахрушин М.П., Степанов В.С., Трантин С.К., Василенко В.А., Журавлев В.П., Филатов Б.В., Филин Р.Д. Проблемы и подходы к обращению с отработавшим ядерным топливом жидкометаллических реакторов атомных подводных лодок // Известия высших учебных заведений. Ядерная энергетика. 2007. № 1. С. 13-22.

17. Александров Н.Н., Радченко М.В., Зубков А.А. Современные состояния и перспективы применения высокопрочного чугуна с шаровидным графитом в атомной энергетике // Вопросы атомной науки и техники. Серия: Обеспечение безопасности АЭС. 2011. № 30. С. 105-111.

18. Капилевич А.Н., Тряпичкин В.А., Сачек С.М., Шумский А.Н., Александров Н.Н., Андреев В.В., Ковалевич Е.В. Импортзамещающее производство транспортных упаковочных комплектов с корпусами из чугуна с шаровидным графитом // Литейное производство. 2018. № 1. С. 2-11.

19. Васильев А.С., Романов А.В., Щукин П.О. Перспективные направления создания экологически безопасных транспортно-упаковочных комплектов для перевозки и хранения отработавшего ядерного топлива //



Инженерный вестник Дона. 2012. № 3. URL:
ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2012/910.

20. Боргоякова Т.Г., Лозицкая Е.В. Системный анализ и математическое моделирование. // Инженерный вестник Дона. 2018. № 1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2018/4763.

References

1. Popkov V.A. Razvitie tekhnologiy obrashcheniya s otrabotavshim yadernym toplivom [The development of spent fuel management technologies]: diss. ... kand. tekhn. nauk: 05.14.03. SPb., 2016. 150 p.

2. Updated EIA survey provides data on spent nuclear fuel in the United States. 2015. URL: eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=24052 (accessed 07/04/19).

3. Storage and Disposal of Radioactive Waste. URL: world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/nuclear-waste/storage-and-disposal-of-radioactive-waste.aspx (accessed 07/04/19).

4. Grishin A.N. Trudy Instituta gosudarstva i prava RAN. 2011. № 2. Pp. 210-219.

5. Muratov O.E., Tikhonov M.N., Rylov M.I. Ekologiya promyshlennogo proizvodstva. 2014. № 1 (85). Pp. 34-45.

6. Muratov O.E., Stepanov I.K., Tsareva S.M. Nauchnye i tekhnicheskie aspekty okhrany okruzhayushchey sredy. 2013. № 3. Pp. 17-40.

7. Muratov O.E., Tikhonov M.N., Piskunov V.M., Tairov T.N. Ekologicheskie sistemy i pribory. 2012. № 1. Pp. 12-24.

8. Vavilkin V.N., Dushev S.A., Kolomiets B.I., Sandler N.G., Timofeev A.V., Kazakov S.V., Kashka M.M., Tokarenko A.I. Atomnaya energiya. 2011. T. 111. № 1. Pp. 57-59.

9. Karyakin Yu.E., Lavrent'ev S.A., Pavlyukevich N.V., Pletnev A.A., Fedorovich E.D. Inzhenerno-fizicheskiy zhurnal. 2012. T. 85. № 1. Pp. 158-166.



10. Karyakin Yu.E., Nekhozhin M.A., Pletnev A.A. Inzhenerno-fizicheskiy zhurnal. 2013. T. 86. № 4. Pp. 689-695.

11. Pobol' I.L. Vestnik Polotskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya V: Promyshlennost'. Prikladnye nauki. 2014. № 3. Pp. 35-42.

12. Romenkov A.A., Yarmolenko O.A., Andreeva L.A., Ermoshin F.E., Tuktarov M.A., Semenikhin V.I., Ufaev N.N. Atomnaya energiya. 2012. T. 113. № 1. Pp. 54-58.

13. Ignatov A.A., Bulanova T.M., Fat'kina S.S., Khitrin V.V. Atomeko-2010 IV Mezhdunarodnaya konferentsiya i vystavka [Atomeco 2010 IV International Conference and Exhibition]. 2010. Pp. 8-11.

14. Kulagina T.A., Kulagin V.A., Moskvichev V.V., Popkov V.A. Ekologiya i promyshlennost' Rossii. 2016. T. 20. № 10. Pp. 4-10.

15. Uyba V.V., Sneve M.K., Samoylov A.S., Shandala N.K., Simakov A.V., Kiselev S.M., Segen'-Ivanyuk K., Semenova M.P., Bel'skikh Yu.S., Kryuchkov V.P., Chizhov K.A., Smit G.M. Meditsinskaya radiologiya i radiatsionnaya bezopasnost'. 2017. T. 62. № 4. Pp. 12-16.

16. Zrodnikov A.V., Zabud'ko A.N., Ignat'ev S.V., Nikolaev S.A., Pankratov D.V., Somov I.E., Suvorov G.P., Toshinskiy G.I., Dragunov Yu.G., Bakhrushin M.P., Stepanov B.C., Trantin S.K., Vasilenko V.A., Zhuravlev V.P., Filatov B.V., Filin R.D. Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Yadernaya energetika. 2007. № 1. Pp. 13-22.

17. Aleksandrov N.N., Radchenko M.V., Zubkov A.A. Voprosy atomnoy nauki i tekhniki. Seriya: Obespechenie bezopasnosti AES. 2011. № 30. Pp. 105-111.

18. Kapilevich A.N., Tryapichkin V.A., Sachek S.M., Shumskiy A.N., Aleksandrov N.N., Andreev V.V., Kovalevich E.V. Liteynoe proizvodstvo. 2018. № 1. Pp. 2-11.



19. Vasil'ev A.S., Romanov A.V., Shchukin P.O. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus). 2012. № 3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2012/910.

20. Borgoyakova T.G., Lozitskaya E.V. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus). 2018. № 1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2018/4763.