БЕЛОРУССКОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ УЧЕТА ЯДЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ СВОБОДНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

BELARUSIAN SOFTWARE FOR NUCLEAR MATERIAL ACCOUNTING BASED ON FREE SOFTWARE

С. Н. Сытова, А. П. Дунец, А. Н. Коваленко, С. В. Черепица

S. N. Sytova, A. P. Dunets, A. N. Kovalenko, S. V. Charapitsa

Институт ядерных проблем Белорусского государственного университета, НИИ ЯП БГУ
г. Минск, Республика Беларусь, sytova@inp.bsu.by

Research Institute for Nuclear Prtoblems of Belarusian State University, INP BSU
Minsk, Republic of Belarus

Представлен обзор разработанной на основе свободного программного обеспечения и успешно внедренной белорусской информационной системы учета ядерных материалов. Система разработана в соответствии с требованиями (Код 10) Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ) и обеспечивает автоматическое формирование всех необходимых согласованных между собой учетных отчетов, а также главного журнала учета. Система гарантирует все необходимые корректные мгновенные расчеты отчетов на основе входных данных, а также необходимые корректировки в соответствии с правилами МАГАТЭ. Система обеспечивает импорт/экспорт данных в/из системы по всем вариантам Кода 10 (маркированный и фиксированный формат).

An overview of the Belarusian information system for nuclear material accounting, developed on the basis of free software and successfully implemented, is presented. The system was developed in accordance with the requirements (Code 10 reporting format) of the International Atomic Energy Agency (IAEA) and provides automatic generation of all necessary accounting reports, coordinated among themselves, as well as the General Ledger. The system guarantees all necessary correct instantaneous calculations of reports based on the input data, as well as necessary adjustments in accordance with the IAEA rules. The system provides data import/export to/from the system according to all variants of Code 10 (labelled and fixed formats).

Ключевые слова: ядерные материалы, МАГАТЭ, Код 10, информационные технологии, фреймворк, свободное программное обеспечение.

Keywords: nuclear materials, IAEA, Code 10, information technology, framework, free software.

https://doi.org/10.46646/SAKH-2023-2-167-171

Введение. Свободное программное обеспечение (СПО) – это программное обеспечение (ПО), пользователи которого имеют права (или по-другому свободы) беспрепятственно изучать, устанавливать, запускать, распространять, изменять и улучшать его. Эти свободы декларируются через свободные лицензии, с которыми следует внимательно ознакомиться перед использованием ПО. Любые такие продукты поставляются в открытых исходных кодах, чтобы пользователь мог их свободно изучить и модифицировать. Свободное ПО не означает обязательной его бесплатности. Разработчики могут получать финансирование на адаптацию, сопровождение и др. работы. Подавляющее большинство открытых программ является свободными и наоборот, ибо определения открытого и свободного ПО близки, а большинство лицензий соответствуют обоим.

Проприетарное программное обеспечение (лицензионное, несвободное ПО) является собственностью его авторов или правообладателей и не соответствует критериям свободного программного обеспечения.

Такие крупные международные организации, как Международное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ), предлагают пользоваться исключительно проприетарным ПО. Приведем в качестве примера Информационную Систему Регулирующего Органа RAIS 3.4. Это информационная система, охватывающая все основные области нормативно-правовой базы, включая информацию о национальной регулирующей инфраструктуре, учреждениях и ведомствах, источниках ионизирующего излучения и связанном с ними оборудовании, разрешениях, инспекциях, правоприменении, работниках, радиационных событиях и технических службах. Область действия RAIS может быть расширена за счет использования встроенных инструментов настройки для охвата других областей, представляющих интерес для регулирующего органа. Согласно сайту, система работает в более чем 80 странах мира http://www-ns.iaea.org/tech-areas/regulatory-infrastructure/rais.asp?s=3.

Санкционные ограничения и полная либо частичная приостановка деятельности на российском рынке многих иностранных софтверных компаний, начавшиеся в 2022 году, ярко продемонстрировали необходимость отказа от использования проприетарного ПО для снятия зависимости от таких крупных компаний, как Microsoft, Adobe Systems, Oracle и др. Тем более хорошо известно, что проприетарное ПО не является «доверенным», то есть может содержать скрытые (незадекларированные) «возможности».

Использование СПО очевидно облегчает процессы проверки его безопасности и сертификацию, поскольку все исходные коды и полная техническая документация находятся в свободном доступе. Преимущества использования СПО заключается в отсутствии необходимости приобретать лицензии, сокращении затрат на развитие и поддержку решений на основе СПО, отсутствии зависимости от производителя ПО и постоянное развитие за счет взаимодействия с широким мировым сообществом разработчиков.

Рынок услуг СПО по прогнозам (https://devm.io/open-source/open-source-software-trends) будет расти в среднем на 21,75% в течение 2020–2026 годов, а его стоимость, как ожидается, достигнет 66,8 млрд долларов США. Отметим повышенный спрос на разработчиков с опытом работы на СПО, продемонстрированный исследованием Linux Foundation и edX в июне 2022 года (https://www.linuxfoundation.org/research/the-10th-annual-open-source-jobs-report), когда 93% работодателей изо всех сил пытались найти достаточно квалифицированных специалистов в этой области.

На импортозамещение ПО и широкий переход на СПО в России обратили внимание еще в начале 2000-х годов. В 2010 г. было принято Распоряжение Правительства Российской Федерации №2299-р об утверждении плана перехода федеральных органов исполнительной власти и федеральных бюджетных учреждений на использование свободного ПО. В 2022 г. был принят Указ о мерах по обеспечению технологической независимости и безопасности национальной критической информационной инфраструктуры. Согласно этому документу, с 1 января 2025 года вводится полный запрет на использование зарубежного ПО на значимых объектах критической инфраструктуры. Как пишут российские СМИ, через неделю после введения западных санкций и приостановки деятельности зарубежных производителей ПО на российском рынке спрос на решения от отечественных IT-компаний вырос на 300% по сравнению с тем же периодом 2021 года. Особенно востребованы офисные пакеты, операционные системы (ОС) и системы управления базами данных (СУБД), поскольку даже если некоторые лицензии на коммерческое ПО еще действуют, то после их окончания работа на старом ПО станет затруднительной.

В настоящее время все больше стран мира стремятся шире использовать свободное программное обеспечение. В Республике Беларусь уделяется большое внимание безопасности информационных систем, в частности, приняты Указы Президента Республики Беларусь, постановления Совета министров Республики Беларусь, Оперативно-аналитического центра при Президенте Республики Беларусь в области информатизации. Использование СПО является одним из реальных способов повысить степень защиты информации и реализовать необходимые меры по совершенствованию защиты информации. Еще в 2011 г. в соответствии с Приказом Министра обороны Республики Беларусь №112 от 18.02.2011 г. «Об утверждении перечня форматов представления и протоколов передачи данных, используемых в информационных системах Вооруженных Сил и транспортных войск» ПО с поддержкой операционной системы Linux было признано приоритетным при использовании в Вооруженных силах Республики Беларусь.

Поэтому вызывает удивление размещенные на электронной торговой площадке госзакупок http://goszakupki.by/ в январе 2023 г. следующие актуальные заявки по разработку и внедрение информационных систем на основе проприетарного ПО: процедура закупки № 2023-1035907 «Разработка и внедрение автоматизированной информационной системы концерна Белгоспищепром» (стоимость – 1 640 000 BYN), процедура закупки № 2023-1035295 «Закупка услуги по доработке и внедрению комплексной информационной ERP-системы управления складом и запасами холдинга «Белорусская цементная компания» на базе программного обеспечения 1С» (3 000 000 BYN). Известно, что система учета ядерных материалов Белорусской АЭС также разработана на основе проприетарного ПО http://atomickeeper.ru/.

Сегодня государственным организациям необходимо принять решение: потратить миллионы рублей на лицензии или поменять их на СПО. Такой переход имеет стратегическое преимущество: это прямое финансирование отечественных разработчиков.

Какие основные цели в настоящее время стоят перед этими разработчиками? Это создание комплексных информационных систем на базе СПО, миграция на СПО, модернизация и развитие существующих программных решений на основе СПО, техническая поддержка и сопровождение решений на его основе.

Белорусский фреймворк eLab на основе СПО. Первая версия белорусской разработки на основе СПО – фреймворк eLab [1] была создана в 2006–2008 гг. и с 2010 г. стала активно использоваться для различных приложений.

Система внедрена в учебный процесс ведущих белорусских вузов (БГУ, БГТУ, БНТУ), химико-токсикологической лаборатории Минского городского наркологического диспансера, в 2012 г. поставлена и до сих пор работает на боевом дежурстве в 202 Химмотологическом центре горючего для контроля качества и учета ГСМ Вооруженных Сил Республики Беларусь.

В рамках Государственной научно-технической программы «Интеллектуальные информационные технологии» на основе фреймворка eLab создана Интеллектуальная информационная система сотрудника Госатомнадзора для обеспечения контроля (надзора) в области ядерной и радиационной безопасности. Система включает в себя Модуль по контролю (надзору) за обеспечением безопасности при сооружении и вводе в эксплуатацию Белорусской АЭС на всех этапах ее жизненного цикла, включая контроль (надзор) за оборудованием, системами и элементами энергоблоков №1, 2 Белорусской АЭС; Модуль по контролю (надзору) за радиационной безопасностью источников ионизирующего излучения и Модуль по учету и контролю ядерных материалов. В результате выполнения проекта проведено программное оснащение свыше пятидесяти рабочих мест в Госатомнадзоре, его территориальных подразделениях, в том числе в областных центрах, на Белорусской АЭС. Постоянно проводится

дальнейшее развитие информационной системы. В настоящее время в Республике Беларусь с ее использованием на уровне регулирующего органа, которым является Госатомнадзор, ведется весь учет источников ионизирующего излучения, учет ядерных материалов (ЯМ) с отчетностью перед МАГАТЭ, надзор за строительством и функционированием Белорусской АЭС.

В 2014 – 2018 гг. на основе фреймворка eLab создан электронный портал ядерных знаний учреждений образования Республики Беларусь BelNET (Belarusian Nuclear Education and Training Portal) https://belnet.bsu.by/. В настоящее время портал BelNET – единственный крупный научно-технический информационный ресурс в области ядерных знаний в Республике Беларусь. Также созданы научный портал CoExAN проекта в области нанотехнологий программы Горизонт 2020 https://coexan.bsu.by/ и электронный портал eLab https://elab.bsu.by/.

Каковы особенности фреймворка eLab? Это система клиент-серверной архитектуры, работающая под управлением ОС Windows и Linux, класса лабораторная информационная система с элементами электронного документооборота на основе СПО: Debian GNU/Linux, Web-server Apache, сервер баз данных Firebird, сервер приложений PHP. Постоянно проводится обновление версий СПО до самых свежих, что существенно улучшает работу системы. Ядро системы представляет собой текстовые файлы, написанные на PHP, которые могут быть легко изучены и модифицированы. Система по виду автоматизируемой деятельности относится к системам управления, сбора, хранения, обработки и передачи информации.

Работа идет через Web-интерфейс в многопользовательском режиме с разделением прав доступа посредством стандартных браузеров. Фреймворк eLab соответствует лучшим мировым аналогам. ПО является открытым для модификаций и доработок непосредственными пользователями, легко настраивается на специфику проекта, работает на защищенном сервере, на стороне клиента ничего не устанавливается, достаточно наличия стандартного браузера. Система может работать в локальной сети интранет, в глобальной сети интернет, а также на обособленном компьютере. Ее структура позволяет в рамках одного установленного экземпляра продукта поддерживать одновременно функционирование продуктов разного профиля.

Модуль учета ядерных материалов. Кратко рассмотрим Модуль учета ядерных материалов. Его цель:

• учет ядерных материалов, изделий, их содержащих, веществ и отходов, включая их местонахождение, состояние, права собственности для эксплуатирующих организаций и организаций с ЯМ малых количеств в строгом соответствии с заключенными международными соглашениями и обязательствами, на основе нормативных правовых актов Республики Беларусь;

• возможность определения в любой момент времени наличного количества ЯМ в местах их нахождения, а также предотвращение потерь, несанкционированного использования и хищений, злонамеренных действий в отношении ЯМ;

• информационное обеспечение анализа безопасности при использовании атомной энергии и поддержания необходимого уровня охраны окружающей среды;

• обеспечение предоставления в установленном порядке республиканских отчетов в МАГАТЭ.

Модуль позволяет проводить сбор и анализ информации о наличных количествах, изменениях и перемещении инвентарных количеств ЯМ как в разрезе отдельной зоны баланса материалов (ЗБМ), так и в целом по стране. Основными документами, генерируемыми в Модуле в соответствии с требованиями МАГАТЭ [2, 3], являются отчет о фактически наличном количестве материала (Physical Inventory Listing – PIL), отчет об изменениях инвентарного количества материала (Inventory Change Report – ICR), материально-балансовый отчет (Material Balance Report – MBR), текстовый отчет (Textual Report – TR), пояснительная записка к учетным отчетам (Concise Notes – CN), главный журнал учета (General Ledger). Функциональность формирования отчетов легко позволяет расширить номенклатуру отчетных материалов, генерируемых в Модуле, в том числе для XML формата Кода 10.

Рассмотрим алгоритм работы в Модуле на примере ЗБМ «Организации с малым количеством ЯМ». Здесь процедура формирования ICR, PIL, MBR, General Ledger, текстовых отчетов определяется сложившейся практикой Госатомнадзора, который ведет учет ЯМ в этой ЗБМ на основе информации о партиях ЯМ, поступающей от организаций. Названия партий зависят от номера региона Республики Беларусь, в котором находится организация-владелец оборудования и источников, содержащих ЯМ. Приведем структуру журналов Модуля для ЗБМ «Организации с малым количеством ЯМ»:

1. Партии ЯМ.
2. Изменение инвентарного количества ЯМ.
   2.1. Архив изменений инвентарного количества ЯМ.
3. Общая информация об учетных отчетах.
   3.1. Отчет об изменениях инвентарного количества материала.
   3.2. Отчет о фактически наличном количестве материала.
   3.3. Текстовый отчет.
   3.4. Материально-балансовый отчет.
   3.5. Пояснительная записка к учетным отчетам.
4. Главный журнал учета (General Ledger) – Результаты расчета.
5. Расчет данных для отчета о фактически наличном количестве материала.
6. Расчет данных для материально-балансового отчета.
7. Оперативный журнал. ЯМ в организации.

Также система содержит в соответствии с Кодом 10 все необходимые справочники по ЯМ. Для ускорения ввода данных в редакторе заданы предустановленные значения, которые с вероятностью больше 50% будут правильными для конкретной записи для ЗБМ BY-Z. Кнопка «Дублировать» ускоряет ввод однотиных данных. Данные в журналы могут быть либо импортированы извне, либо заданы с помощью редактора записи, либо сформированы автоматически на основе «необработанных» данных журнала «Изменение инвентарного количества ЯМ». После формирования отчетов ICR все данные автоматически попадают в архив – журнал «Данные отчетов об изменении инвентарного количества ЯМ». В дальнейшем эти данные изменению не подлежат – только корректировке в соответствии с процедурами МАГАТЭ.

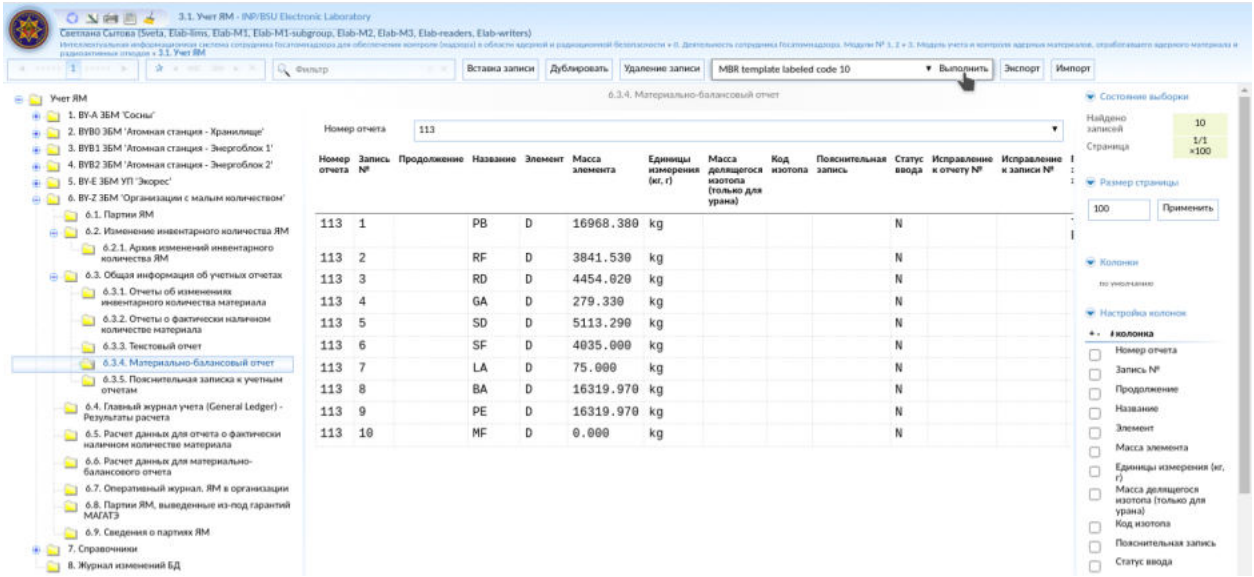

Рисунок 1 – Копия экрана – пример материально-балансового отчета. Курсор указывает на создание отчета в формате маркированного Кода 10 (см. результат на Рис. 2)

Работы осуществляются по следующему алгоритму после поступления данных от организации. Сначала проводится информации о партии ЯМ. При необходимости в соответствующем журнале создается новая запись о партии или в существующую запись заносится новая информация. В систему заносятся все операции с партиями ЯМ, при необходимости вносится операция с корректировкой данных для предыдущего периода. Затем формируется отчет ICR в формате Кода 10 с его проверкой в ПО МАГАТЭ QCVS, после чего производится отправка отчетов ICR в МАГАТЭ с пометкой этих отчетов для запрета внесения в них изменений. Также в случае замечаний из МАГАТЭ вносятся поправки в операции ICR и его отправка с исправлениями. Следующий этап – формирование данных для PIL на основании предыдущего PIL и ICR за текущий период, затем – формирование MBR (см. Рис. 1) на основании текущего и предыдущего PIL и ICR за текущий период. После этого – проверка отчетов MBR и PIL в QCVS, их отправка в МАГАТЭ с пометкой для запрета внесения изменений, внесение правок, если из МАГАТЭ пришли замечания.

Далее в случае необходимости происходит расчет Главного журнала учета General Ledger. Это журнал автоматически рассчитывается для каждого элемента на основании данных отчетов ICR, PIL, MBR Он формируется после задания соответствующей записи про данный журнал с указанием его номера и дат начала и конца в журнале «Общая информация об учетных отчетах». Дата начала должна совпадать с датой того PIL, начиная с которого будет рассчитываться Главный журнал учета. Он может содержать несколько PIL – столько, сколько попадает в заданный временной промежуток. Таким образом может быть сформирована история учета за несколько лет, а также информация с MUF. Пересчет в системе происходит автоматически сразу после изменения записи в «Общей информации об отчетах». Сверху над журналом находится селектор (раскрывающийся список), позволяющий отфильтровать данные для конкретного элемента.

Аккуратная реализация импорта/экспорта данных в маркированном формате Кода 10 позволила выявить ошибку в QCVS – программном обеспечении МАГАТЭ, выполняющем функции контроля отправляемых в МАГАТЭ отчетов. С этим согласились сотрудники МАГАТЭ, работающие с данной программой. Вызывает удивление, почему белорусские разработчики были первыми нашедшими эту ошибку, хотя достаточно было проверить, как отрабатываются в QCVS все возможные метки маркированного Кода 10.

В Модуле также реализован процесс учета ЯМ в общем виде на основе рекомендаций МАГАТЭ. То есть система позволяет формировать данные для сколь угодно разных ЗБМ, не привязываясь к специфике Республики Беларусь. И позволяет также сформировать суммарные отчеты в разрезе всех ЗБМ, что оказывается важным для инспекторов МАГАТЭ при проведении инспекций в стране.

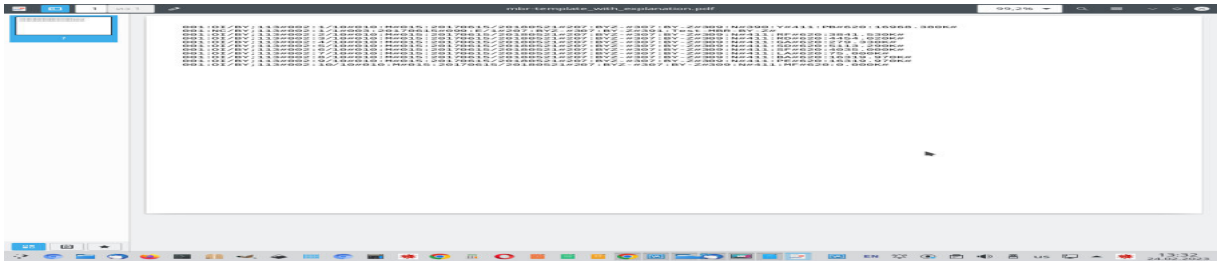

Рисунок 2 – Материально-балансовый отчет с Рис. 1, экспортированный в маркированный Код 10

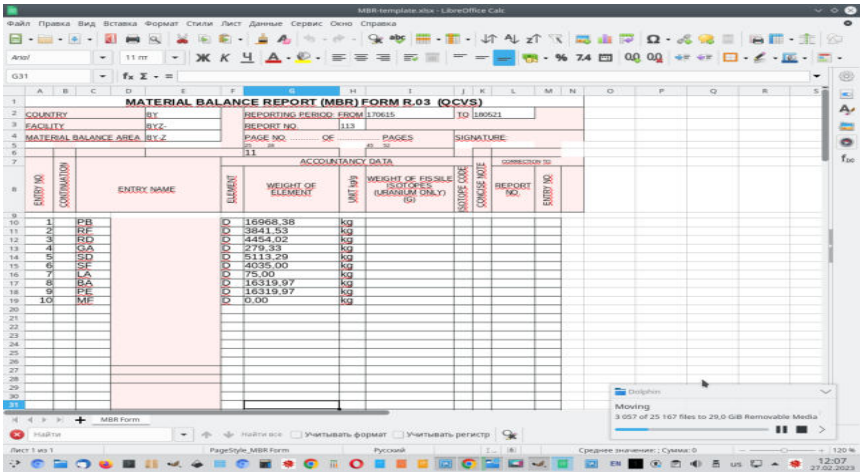

Рисунок 3 – Материально-балансовый отчет Рис.1, экспортированный в фиксированный Код 10

Заключение. Другие подробности описания белорусского Модуля учета ядерных материалов могут быть найдены в [4, 5]. Этот Модуль, разработанный для целей белорусского ядерного регулятора, может быть легко настроен для ведения учета ядерных материалов для отдельной ЗБМ, переведен на другие языки и предложен для широкого внедрения. Он позволяет перекодировать любые типы отчетов в любые форматы Кода 10. Программа всесторонне валидирована на реальных белорусских отчетах, отправленных в МАГАТЭ.

В настоящее время система настраивается для учета ЯМ в отдельных организациях. Работы выполняются в рамках задания 1.8.2 Государственной программы научных исследований «Цифровые и космические технологии, безопасность человека, общества и государства» на 2021–2025 годы.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Сытова, С. Н.* Информационная система eLab в науке, практике, образовании / С. Н. Сытова. – Мн.: Изд. Центр БГУ, 2021. – 202 с.

2. International Atomic Energy Agency SG-FM-1172. Contents, format and structure of reports to the Agency. – Vienna: IAEA, 2017. – 18 p.

3. *Cain, R.* Nuclear Safeguards Reporting System Requirements Specification / R. Cain [et al.]. – ORNL/TM-2017/701. – USA, 2018. – 143 p.

4. *Сытова, С. Н.* Информационная система учета и контроля ядерного материала / С. Н. Сытова [и др.] // Доклады БГУИР. – 2021. – Т. 19, № 4. – С. 94–102.

5. *Sytova, S.* Belarusian software for nuclear material accounting at the level of regulatory body / S. Sytova [et al.]. // Nuclear Physics and Atomic Energy. – 2021. – Vol. 22, №4. – С. 400–408.