

СОЗДАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ОБРАЩЕНИЯ С ОЯТ АМБ

MANAGEMENT OF SPENT AMB FUEL: TECHNOLOGY DEVELOPMENT

В.П. СМІРНОВ, д.т.н.
(ООО НПФ «Сосны»)



V.P. SMIRNOV, *Doctor of Technical Science*
(R&D Company "Sosny")

■ Один из способов обращения с ОЯТ реакторов АМБ Белоярской АЭС предполагает разделку ОТВС прямо на станции, с последующей доставкой в ПО «Маяк» на переработку в специальных осушенных пеналах и существующих контейнерах.

■ One of the ways of managing the spent fuel from AMB reactors of Beloyarsk NPP provides for SFAs to be cut directly on the site with subsequent delivery to Mayak for reprocessing in specialised dry casks and existing canisters.

Первые энергетические реакторы АМБ Белоярской АЭС остановлены в 1981 году (АМБ-100) и в 1989 году (АМБ-200). ОЯТ выгружено из реакторов и в настоящее время хранится в двух бассейнах выдержки Белоярской АЭС и в «мокром» хранилище ПО «Маяк». На станции ОЯТ размещено в кассетах из углеродистой и легированной, нержавеющей, стали; основными проблемами являются сильное повреждение твэлов, коррозия чехловых труб кассет и облицовки бассейнов выдержки, выполненных из углеродистой стали. В ПО «Маяк» все ОТВС реакторов АМБ помещены в защитные чехлы из нержавеющей стали.

Основные варианты обращения с ОЯТ АМБ следующие:

- отправка на временное хранение с последующим решением вопроса о переработке;
- отправка на длительное хранение с последующим захоронением;
- разделка и пенализация на АЭС, отправка на переработку в ПО «Маяк»;
- доставка ОТВС в ПО «Маяк», разделка и переработка.

Специалисты тщательно проанализировали все варианты. Выяснилось, что «сухое» хранение ОЯТ, так же, как и «мокрое», имеет ряд недостатков. К ним относятся:

- необоснованность безопасного способа транспортировки и хранения кассет из-за проблем ядерной и радиационной безопасности, а также накопления водорода при хранении и транспортировке;
- большие размеры и высокая стоимость вентилируемого хранилища;
- отсутствие опыта и регламентирующей документации;
- усложнение переработки в будущем из-за продолжающейся деградации ОЯТ при хранении.

Исходя из этого, было решено переработать ОЯТ АМБ в ПО «Маяк». Работы ведутся по двум параллельным направлениям: выполнение мероприятий по безопасному хранению ОЯТ на Белоярской АЭС, как приоритетная и неотложная задача, а также разработка технологии и технических средств для переработки ОЯТ АМБ на заводе РТ-1 ПО «Маяк».

Для решения этих задач разрабатывается технология химической переработки всех типов ОЯТ АМБ. В ПО «Маяк» проектируется специальное здание (отделение разделки и пенализации, ОРП) для под-

The first AMB power-generation reactors at Beloyarsk NPP were shut down in 1981 (AMB-100) and in 1989 (AMB-200). The spent fuel was removed from the reactors and is currently stored in two cooling pools at Beloyarsk NPP and in the 'wet' storage facility at Mayak. On the plant site, the spent fuel is placed inside cartridges made of carbon, alloyed, and stainless steel; the main problem of storage being significant damages to the fuel rods, corrosion of the cartridge tubes and cooling pool lining, which is made of carbon steel. At Mayak, all AMB SFAs are placed inside protective canisters made of stainless steel.

The following are the main options of managing the spent AMB fuel:

- sending to temporary storage with subsequent reprocessing;
- sending to long-term storage with subsequent disposal in a repository;
- cutting and containerising on the NPP site, then sending for reprocessing to Mayak;
- delivery of the SFAs to Mayak, then cutting and reprocessing.

Specialists have carefully considered all options. It turned out that dry storage of spent fuel, as well as wet storage, has a number of disadvantages. These include:

- lack of justification for safety of transport and storage of the canisters due to nuclear and radiation safety concerns, as well as hydrogen build-up during storage and transport;
- large size and cost of a ventilated storage facility;
- lack of the appropriate experience and regulations;
- complications with future reprocessing due to continued degradation of spent fuel during storage.

Based on that, the decision was taken to re-process the spent AMB fuel at Mayak. The work pursues two parallel directions: completion of measures to ensure safe storage of the spent fuel at Beloyarsk NPP, as the top-priority and urgent task, as well as development of a technology and hardware for reprocessing of spent AMB fuel at the RT-1 installation on Mayak.

For these tasks to be addressed, a technology is being developed to enable chemical reprocessing of all types of spent AMB fuel. At Mayak, a dedicated building is being designed (cutting and containerising facility) to prepare the spent AMB fuel for reprocessing, both that currently held at Mayak and that kept in canisters at Beloyarsk NPP (fig. 1). The expected timeframe for commissioning of the cutting and containerising facility is



Рис. 1. ОРП в ПО «Маяк»
Fig. 1. Cutting and containerising facility at Mayak

готовки к переработке ОЯТ АМБ, как размещенного на «Маяке», так и топлива в кассетах в случае их доставки с Белоярской АЭС (рис.1). Предполагаемый срок ввода ОРП в эксплуатацию – конец 2015 года. Разрабатываются две технологии доставки ОЯТ с БАЭС. Первая предполагает транспортировку кассет ОТВС с Белоярской АЭС в ПО «Маяк» с последующей разделкой их в ОРП, вторая – разделку кассет и ОТВС непосредственно на станции.

ПРОБЛЕМЫ ХИМИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ

- Характерными особенностями ОТВС АМБ являются:
- наличие около 40 типов топливных композиций;
 - большие габаритные размеры (длина одной ОТВС – около 13 м);
 - сложная конфигурация ОТВС.

Исследования, проведенные несколько десятилетий назад специалистами ВНИИНМ, показали принципиальную возможность переработки ОЯТ АМБ по технологии классического ПУРЕКС-процесса, но без «привязки» таких работ к технологии завода RT-1. Таким образом, переработка ОЯТ АМБ на заводе RT-1 возможна, однако существуют проблемы, которые должны быть решены на стадии научно-исследовательских работ. Одной из них является разделка кассет и ОТВС на фрагменты и их транспортировка на участки химической переработки.

Составы топливной композиции ОЯТ АМБ и оболочек меняются в широких пределах. Топливная композиция содержит от 1% до 20% ²³⁵U и может состоять как из оксида урана, так и из металлического урана, магния, кальция и молибдена. Для каждого типа топлива необходимо подбирать безопасные условия растворения, чтобы исключить

late 2015. Two technologies for spent fuel delivery from Beloyarsk are being elaborated. The first provides for transport of canistered SFAs from Beloyarsk to Mayak with subsequent cutting in the cutting and containerising facility, the first for the canisters and SFAs to be cut directly at the plant site.

PROBLEMS WITH CHEMICAL REPROCESSING

Specific features of the AMB SFAs are the following:

- availability of about 40 fuel compositions;
- large dimensions (the SFAs are approximately 13 m long);
- complex SFA configuration.

Research that was performed a few decades ago by VNIINM indicated that it was essentially possible to reprocess the spent AMB fuel using the classical PUREX process, but without 'tying' this activity to the RT-1 plant technology. Therefore, reprocessing of spent AMB fuel on RT-1 is feasible, but there are a number of problems that need to be addressed at the stage of scientific research. One such problem is the cutting of the canisters and SFAs into fragments and their transport to the chemical reprocessing facilities.

The compositions of the AMB fuel material and claddings vary to a great extent. The fuel composition may contain from 1% to 20% of ²³⁵U and may consist of uranium oxide, metallic uranium, magnesium, calcium and molybdenum. For each fuel type, safe conditions of dissolution must be carefully chosen so as to prevent formation of explosive hydrogen concentrations, and for carbide fuel – also light hydrocarbons.

A significant portion of spent AMB fuel also contains from 3% to 9% of metallic molybdenum, dissolution of which may produce sedimentations of both molybdenum itself as well as zirconium molybdate, which may entrap plutonium and caesium.



Рис. 2. Компонировка КОБР
Fig. 2. Layout of the safe cutting facility

взрывоопасные концентрации водорода, а для карбидного топлива – и легких углеводородов.

Значительная часть ОЯТ АМБ содержит также от 3% до 9% металлического молибдена, при растворении которого возможно выпадение осадков на основе как самого молибдена, так и молибдата циркония, который может «захватывать» плутоний и цезий.

Возможны проблемы и на операциях выпарки и остекловывания в процессе переработки высокоактивных ЖРО. Технология переработки ОЯТ АМБ должна быть встроена в существующие технологические цепочки завода РТ-1.

Разработку химической части технологии планируется завершить в течение 2010 года; есть полная уверенность в возможности ее реализации в ПО «Маяк».

ПОДГОТОВКА ОЯТ К ДОСТАВКЕ В ПО «МАЯК»

Для реализации метода, предполагающего разделку кассет и ОТВС непосредственно на Белярской АЭС, создаются соответствующие технология, оборудование и инструменты. Работы предполагается осуществлять в специальном комплексе оборудования безопасной разделки (КОБР).

Основные принципы предлагаемой технологии для обращения с ОЯТ АМБ на станции включают:

- отделение топливной составляющей от ТРО в специальном комплексе резки в бассейнах выдержки;
- загрузка ОЯТ в пеналы, удовлетворяющие требованиям штатного отделения подготовки и резки ПО «Маяк»;
- использование, с осушением, существующих контейнеров ТК-6 для транспортировки пеналов с БАЭС в ПО «Маяк»;
- загрузка ТРО в емкости и решение вопроса по обращению с ними.

Схемы размещения оборудования на Белярской АЭС приведены на рисунках 2 и 3.

Концепция проектирования предусматривает следование одновременно требованиям норм для атомных электростанций и ядерного топливного цикла. Новое производство должно быть адаптировано к существующему зданию первой очереди Белярской АЭС, что представляет определенную проблему, поскольку помещения здания переполнены РАО, а работы по их очистке не запланированы. При обращении с ОЯТ АМБ планируется обходиться собственными средствами нового производства для исключения дополнительной нагрузки на действующие системы станции, занятые профильной деятельностью.

Почти все результаты, которые будут получены при разработке технологии разделки ОЯТ АМБ на Белярской АЭС, будут использованы при разработке технологии разделки в ПО «Маяк».

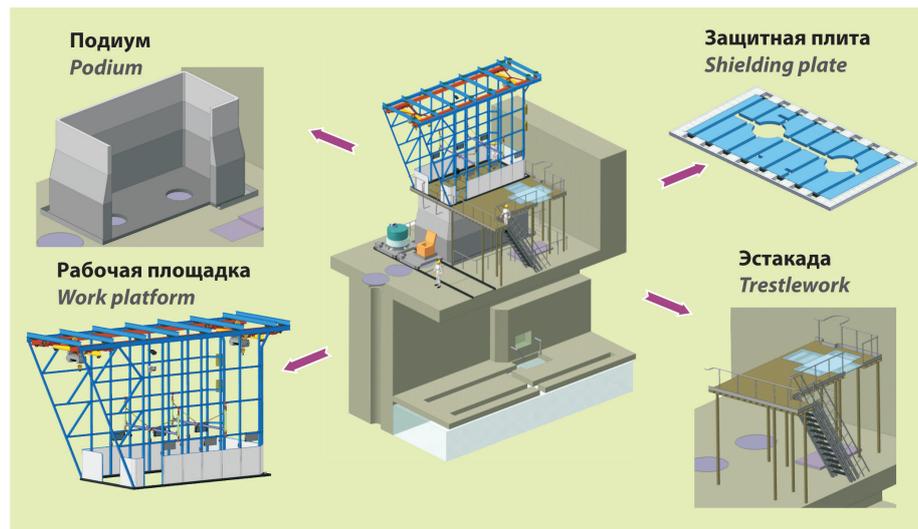


Рис. 3. Узел разделки и пеналирования ОЯТ
Fig. 3. Spent fuel cutting and canistering facility

Problems may also occur during the evaporation and vitrification operations, which are part of liquid radwaste processing. The spent AMB fuel reprocessing technology must be well built into the existing RT-1 technological production strings.

The development of the chemical part of the process is planned to be completed during 2010; there is complete confidence that it can be implemented at Mayak.

PREPARATION OF SPENT FUEL FOR DELIVERY TO MAYAK

In order to implement the method that provides for cutting of the canisters and SFAs directly on the Belyarsk NPP site, a corresponding technology, equipment and tooling are being created. The work is expected to be performed in a special safe cutting facility.

The main principles of the proposed technology for spent AMB fuel management on the plant site include:

- separation of the fuel region from the non-fuel solid waste section in a specialised cutting unit while in the cooling pools;
- loading of spent fuel into canisters that meet the requirements of the standard Mayak preparation and cutting facilities;
- using of pre-dried existing TK-6 for transport of canisters from Belyarsk to Mayak;
- loading of the solid non-fuel waste into containers pending resolution for subsequent processing.

Equipment layouts on Belyarsk NPP are shown on figures 2 and 3.

The design concept provides for both the nuclear power plant and nuclear fuel cycle codes to be applicable to the activities at the same time. The new facility must be adapted to the existing building of Belyarsk NPP first stage of construction, which represents a certain problem as the rooms in the building are over-loaded with radwaste and there are currently no plans to clear out the waste. The handling of spent AMB fuel is expected to be performed using own dedicated equipment of the new facility so as to prevent an additional loading on the operating systems of the plant that are involved with the other on-going activities.

Almost all results obtained from the development of the spent AMB fuel cutting technology at Belyarsk NPP will be used for the technology of spent fuel cutting at Mayak.