

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Крутецкий В. Н. Области применения реакторных установок малой мощности. В книге «Атомные станции малой мощности: новое направление развития энергетик»: Т.2 / под ред. Акад. РАН А.А. Саркисова.– М.: Академ – Принт. С. 18-22.
2. Zhukov V. V., Pugachev R. V., Nyaware B. O. Energy complexes consisting of hydro and nuclear power plants with low power reactors. The international Ural conference on Green Energy. 4–6 October, Chelyabinsk, 2018. pp. 132-139.
3. Касилов В. Ф., Дудолин А. А., Господченков М. В. Эффективность использования парогазовой технологии в энергоблоке АЭС с ядерным реактором СВБР-100. Теплоэнергетика, 2015, № 5. С.14-20
4. Жуков В. В., Овечкин А.В. Перспективные энергетические энергокомплексы с парогазовыми технологиями и атомными электростанциями с ядерными реакторами малой мощности. Вестник МЭИ, №6, 2019.– С.30-38.

Development of Projects of Power Complexes with Nuclear Power Plants Based on Low-Power Nuclear Reactors and Combined-Cycle Technologies

Zhukov V.V¹, Shumilov A.V.²

National Research Institute "MPEI", Moscow, Russia

¹*e-mail: zhukovvv@mpei.ru*

²*e-mail: alex7454199@mail.ru*

Abstract – An algorithm for creating projects of the electrical part of power complexes has been developed. Variants of the formation of an energy complex with combined-cycle gas technology in the ASMM power unit and power complexes of electrically connected GTU, CCGT and ASMM are presented. Power complexes include a modular reactor SVBR-100 with a liquid metal coolant – lead-bismuth alloy with a capacity of 100 MW, power units with gas turbine units with a capacity of 70 MW each and a combined-cycle gas plant of 200 MW. As a result of the project implementation, the parameters and types of the main and switching electrical equipment of the power complex (generators, transformers, switches) were determined, variants of power output schemes and schemes of own needs of power units were proposed. The possibility of creating promising power complexes with combined-cycle gas technologies and nuclear power plants with low-power nuclear reactors is substantiated.

Key words: combined power supply systems, nuclear reactor units, gas-turbine installations, combined cycle installations, short circuit, electrical equipment, electric schemes, auxiliaries.

УДК 621.039.587

МОДЕРНИЗАЦИЯ УСТРОЙСТВА ЛОКАЛИЗАЦИИ РАСПЛАВА ДЛЯ РЕАКТОРНОЙ УСТАНОВКИ ВВЭР-1200

Кобзев М.В., Смолин А.Ю.

Волгодонский инженерно-технический институт – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», г. Волгодонск, Ростовская обл., Россия

Для аварий с разрушением активной зоны с проплавлением днища реактора в проекте РУ ВВЭР-1200 предусмотрено устройство локализации расплава (УЛР). Для охлаждения расплава кориума в состав УЛР входит система подачи охлаждающей воды, которая срабатывает за счёт открытия клапана подачи воды. Данный клапан имеет достаточно сложную и металлоёмкую конструкцию, для которой существует вероятность отказа. В работе рассматривается модернизация УЛР за счёт изменения конструкции клапана подачи воды на более надёжную и менее металлоёмкую. На основании входных данных спроектирована новая конструкция клапана и разработана рабочая конструкторская документация для изготовления оборудования. Для проверки работоспособности клапана разработана программа и методика приемо-сдаточных испытаний.

Ключевые слова: ВВЭР, устройство локализации расплава, ловушка расплава, запроектная авария, кориум.

Устройство локализации расплава является оборудованием для локализации аварии в случае запроектной аварии (ЗПА) с расплавлением активной зоны, служит для приема и охлаждения кориума и не допускает выход радиоактивных материалов за пределы гермооболочки. Данная авария является наиболее опасной для АЭС, поскольку нарушается целостность всех четырех барьеров безопасности, и выход наружу радиоактивных веществ составляет значительную опасность для персонала и населения. УЛР позволяет пассивно собрать весь кориум в одном месте и производить его охлаждение и относительную дезактивацию. В УЛР предусмотрена система охлаждения кориума. Данная система принципиально отличается от имеющихся систем охлаждения. В ее состав не входят теплообменники и трубопроводы, как это принято для большинства систем на АЭС. Вода подается напрямую на расплав, нагревается, испаряется при давлении, близком к атмосферному, и пар вместе с принятой теплотой отводится от кориума по специальным паропроводам. Таким образом, для организации охлаждения кориума не требуется устанавливать насосы. В состав системы охлаждения входят клапан подачи воды и трубопроводы до него. Данный клапан имеет ряд недостатков (рис. 1):

- 1) конструкционно он имеет 2 пружины, располагающиеся на одной оси, что крайне нежелательно с точки зрения проектирования, так как сложно с большой точностью предсказать их поведение при данном размещении;
- 2) в качестве рабочего механизма применены пружины, при том что их обслуживание не предусматривается проектом и при длительном сжатии (в перспективе до 100 лет) вероятность их срабатывания снижается ввиду деформации металла;
- 3) наличие фторопластовых прокладок. При температурах порядка 200-300°C фторопласт начинает гореть, а температура срабатывания клапана составляет 500-600°C, что может вызвать «прикипание» материалов или досрочное срабатывание клапана;
- 4) сложность и большая металлоемкость конструкции, из которой вытекают дороговизна изготовления и монтажа.

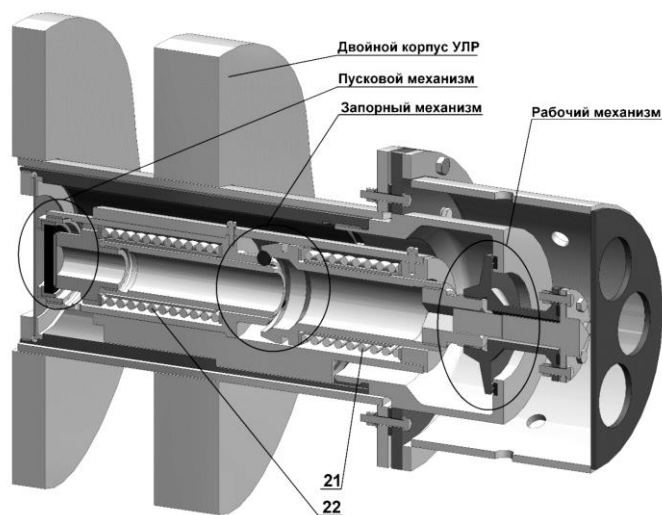


Рисунок 1 – Конструкция клапана подачи воды до модернизации

На АО «АЭМ-технологии» Атоммаш была разработана новая конструкция для данного клапана, которая исключает описанные выше недостатки (рис. 2).

Оставлен основной принцип срабатывания – за счет расплавления припоя, но конструкция полностью избавлена от дополнительных механизмов, которые могут не сработать. Клапан состоит из заглушки, в которой используется припой, трёх трубопроводов, фланца и крышки, служащей в качестве фильтра. Таким образом в случае расплава активной зоны с проплавлением днища кориум начнет поступать в УЛР и нагревать ее металл, при достижении температуры в 580°C припой расплавится, и заглушка отпадет, сбросив давление

воздуха. Вода начнёт поступать за счёт гидростатического давления (из-за перепада высот). Таким образом, данную систему можно считать полностью пассивной, так как для её срабатывания не требуется никаких дополнительных воздействий от оператора и автоматики. Минимизация активных механизмов соответствует консервативному подходу к проектированию оборудования в соответствии с НП-001-15.

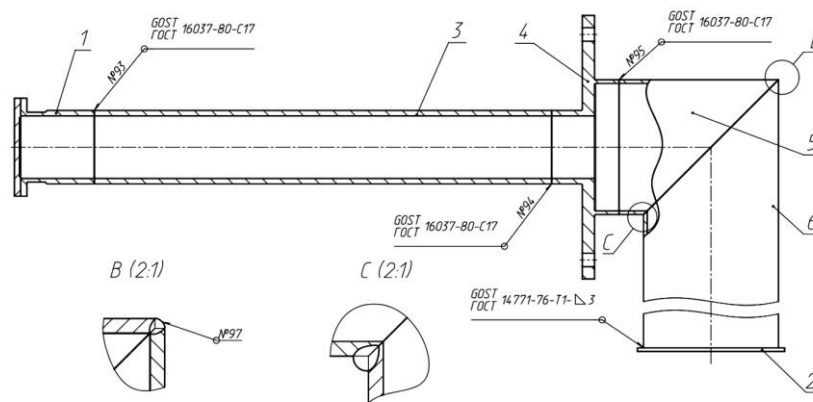


Рисунок 2 – Конструкция клапана подачи воды после модернизации

Для подтверждения работоспособности клапана при заданных проектом условиях, была разработана программа и методика приемо-сдаточных испытаний. Она включает себя огневые испытания при различных давлениях воздуха в клапане. С помощью специальной установки клапан нагревается до необходимой температуры, которая фиксируется термопарой. При срабатывании клапана фиксируется температура, до которой нагрелся металл КПВ. После проведения приемо-сдаточных испытаний делаются выводы о работоспособности клапана.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. LN2O.B.110.&.OUJA&&.JMR&&.022.HZ.0003. АЭС 2006. Устройство локализации расплава. Обоснование работоспособности УЛР в полностью пассивном режиме. Анализ теплофизических процессов в УЛР. Анализ живучести тепловых защит. Анализ разрушения мембран в корпусе УЛР и поступления воды сверху на кориюм. Отчет ОАО «СПбАЭП», 2008.
2. Экспериментальное исследование процессов при подаче воды на расплав стали / Лопух Д.Б., Логинов И.А., Грановский В.С. и др. // Теплоэнергетика. 2001. №9. С. 25-31.
3. LN2O.B.110.&.OUJA97.JMR10.022.SC.0001. АЭС 2006. Ленинградская АЭС 2. Устройство локализации расплава. 438.00.000 Д1. Спецификация конструкционных материалов. ФГУП «СПбАЭП», 2007.

Modernization of the Melt Localization Device for the VVER-1200 Reactor Plant

Kobzev M.V.¹, Smolin A.Y.²

*Volgodonsk Engineering Technical Institute the branch of National Research Nuclear University «MEPhI»,
Volgodonsk, Rostov region*

¹*e-mail: kobzevmiv@gmail.com*

²*e-mail: aysmolin@mephi.ru*

Abstract – For accidents with the destruction of the core with the penetration of the bottom of the reactor in the project RU VVER-1200, a melt localization device is provided. To cool the corium melt, the UKR includes a cooling water supply system, which is triggered by opening the water supply valve. This valve has a rather complex and metal-intensive design, for which there is a possibility of failure. The paper considers the modernization of the ULR by changing the design of the water supply valve to a more reliable and less metal-intensive one. Based on the input data, a new valve design was designed and working design documentation for the manufacture of equipment was developed. To check the valve's operability, a program and a method of acceptance tests have been developed.

Key words: VVER, melt localization device, melt trap, beyond design basis accident, corium.