

КОНЦЕПЦИЯ КОМПЬЮТЕРНОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА ОБОРУДОВАНИЯ НА АЭС. ОРГАНИЗАЦИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ

А.И. Карпенко, Ю.А.Махаев

Белоярская АЭС, г. Заречный



Дано описание основных функциональных модулей системы поддержки проведения технического обслуживания и ремонта оборудования на АЭС.

Ключевые слова: безопасность, информация, каталог, компьютерная программа, модуль, оборудование, ремонт, система, структура, функция, эксплуатация.

Key words: safety, information, catalogue, software, module, equipment, maintenance, system, structure, function, operation.

ПРЕДИСЛОВИЕ

При производстве электроэнергии на АЭС в большей степени, чем на других производствах, накладывается условие безопасной эксплуатации с точки зрения радиационной и ядерной опасности для персонала, населения и окружающей среды. В связи с этим требования к качественному ремонту и эксплуатации оборудования многократно ужесточаются.

В статье рассматриваются аспекты, связанные с ремонтом и техническим обслуживанием (ТО) оборудования. Наряду с чисто техническими средствами проведения ремонта существуют организационные мероприятия по проведению быстрого и качественного ремонта оборудования (определение оборудования, нуждающегося в ремонте или замене, и организация его вывода в ремонт, обеспечение безопасности при ремонте, вывод оборудования из ремонта и т.д.). В этой части с успехом может быть использована компьютерная система поддержки проведения технического обслуживания и ремонта оборудования (далее просто система).

Существует немалое количество подобных систем, функционирующих как на отечественных АЭС, так и зарубежных. Все они, по сути, решают одни и те же задачи, направленные на качественное, безопасное и эффективное проведение ТО и ремонта оборудования. На Белоярской АЭС была разработана, реализована и внедрена подобная система с учетом специфики и опыта, накопленного в течение эксплуатации энергоблока БН-600. Следует отметить, что первые версии системы появились еще в начале 90-х годов прошлого века, и за прошедшее время система превратилась в достаточно эффективный и полезный инструмент. В то же время

были сформулированы и основные концептуальные положения, и подход к созданию системы, изложенные в работах [1–3]. Со временем они были развиты и дополнены.

ОСНОВНЫЕ КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ СИСТЕМЫ

1. Модульная структура системы для обеспечения информационной связи между разделами, блоками и модулями как внутри системы, так и с внешним окружением.
2. Публичность и актуальность информации в рамках системы.
3. Структура, содержание и объем информации определяются требованием необходимости и достаточности для принятия пользователем решения при работе с системой.
4. Регламентация прав доступа пользователей к информации.
5. Эффективный пользовательский интерфейс, обеспечивающий процедурную, контролирующую, информационно-аналитическую составляющие системы.
6. Единая база данных (каталог) оборудования.
7. Безопасность.

Модульная структура системы. Исторически система развивалась шаг за шагом. Каждый шаг характеризовался появлением следующего модуля, который выполнял свои специфические функции, при этом оставаясь тесно связанным с предыдущими модулями информационно. В результате получилась совокупность отдельно функционирующих задач в едином информационном и программном пространстве, взаимодействующих друг с другом. В дальнейшем такая структура позволила добавлять модули для выполнения новых задач внутри системы, а также, благодаря открытому информационному пространству, взаимодействовать с внешними программными продуктами. Безусловно для начала функционирования системы необходимо было создать базу данных оборудования. Поэтому первым модулем системы стал модуль «Оборудование». Основная задача модуля – создание и поддержание целостности базы данных оборудования. Исходя из того, что изначально основной целью системы ставилась реализация поддержки технического обслуживания и ремонта оборудования, последовательно разрабатывались модули, выполняющие поддержку в организации, подготовке, проведении и контроле работ, связанных с ремонтом и ТО оборудования.

Публичность и актуальность информации. Внутри каждого модуля решаются задачи, как правило, связанные с самим модулем. При этом имеется некоторая информация, получаемая в одном из модулей, которая востребована или может быть востребована, например, другим модулем. Например, для одного из модулей для принятия решения потребовалась информация о наработке некоторого оборудования. В данном случае информация о наработках оборудования связана с так называемыми счетчиками оборудования, которые обновляются в информационно-аналитическом модуле системы. Таким образом, для получения сведений о наработке оборудования модуль запрашивает информационно-аналитический модуль системы и получает нужную информацию. Еще важно и то, чтобы получаемая информация, в данном случае это наработка оборудования, имела значение, соответствующее реальному на текущий момент времени с заданной точностью. В этом заключен принцип актуальности информации. Другими словами, информация не может быть «старой», она в любой момент должна быть «свежей». От этого прямым образом зависит принятие решения как со стороны системы, так и со стороны пользователя: может быть принято ошибочное решение с вытекающими последствиями, как мелкими, так и катастрофическими.

Регламентация прав доступа. Система является многопользовательским продуктом. Значит одновременно с системой может работать большое количество пользователей, каждый из которых выполняет свои сугубо определенные задачи. Поскольку система как бы встроена в организационный процесс ведения и управления ремонтом оборудования, она полностью реализует реальные права и обязанности пользователей, связанные с их должностью. Например, утвердить заявку на выполнение ремонтных работ на оборудовании может только главный инженер станции или заместитель главного инженера по эксплуатации. Определить сроки устранения дефекта, назначить ремонтный участок может только административный персонал подразделения-владельца оборудования. И так далее. Таким образом, каждый пользователь системы в соответствии со своей должностью получает определенный набор полномочий в рамках системы, именуемый квалификацией пользователя. Все полномочия заранее должны быть определены и регламентировать права на доступ к информации или выполнение каких-либо действий: это может быть запрет, только чтение либо полный доступ. Так регламентируется доступ к информации и выполнение действий со стороны пользователей при помощи разных квалификаций, которыми наделяются пользователи системы.

Эффективный пользовательский интерфейс. Работу системы условно можно разделить на три основные части: процедурную; информационную; контролируемую.

Процедурная часть определяет механизм выполнения тех или иных действий со стороны пользователя (ввод данных, принятие решения и т.д.).

Информационная часть обеспечивает механизмы запроса, получения, обработки информации и представления ее в том виде, в котором в данный момент времени это необходимо для пользователя или системы. Важную роль здесь играют публичность и актуальность информации.

Контролирующая часть обеспечивает механизм контроля действий как со стороны пользователя, так и со стороны самой системы, а также параметров и свойств самой системы и реквизитов информации. Например, предельная дата не может быть меньше текущей, дефект не может быть назначен заранее, хронология событий не может иметь обратный ход и т.д.

Видно, что наиболее тесное соприкосновение при взаимодействии «система – человек» имеют процедурная и информационная части. При этом большую значимость с точки зрения психологической нагрузки, ментальных особенностей, безусловно, имеет процедурная часть. Можно определить основные принципы построения процедурной части системы. Любая процедура должна быть максимально информационно изолированной. Другими словами, для выполнения процедуры пользователю предоставляется минимально необходимый объем информации (как лошадь в шорах). Необходимо иметь развитую сервисную часть для более простого, быстрого и корректного выполнения процедуры. Это наиболее важно, поскольку, как правило, результатом выполнения процедуры является принятие решения.

Количество и назначение реквизитов информации процедуры должны подчиняться жесткой логике, предопределенной изначально на стадии проектирования системы, исходя из необходимости, требований, а также здравого смысла. Это верно и для всей системы в целом. Если в данный момент времени нет необходимости что-то делать, это надо сделать потом или вообще не делать. Нет никакого смысла просто так усложнять систему. Процедурная часть должна поддерживаться самой системой, наставлять, подталкивать пользователя к выполнению той или иной процедуры для того, чтобы процедуры выполнялись вовремя, чтобы ответ-

ственные пользователи не задерживали друг друга. Основной движущей силой в выполнении процедур должен быть организационный регламент.

Каталог оборудования. Все, что происходит во время производственного процесса, так или иначе связано с оборудованием. Поэтому для успешного и определяющего функционирования системы необходим перечень всего оборудования, задействованного в производстве. При этом перечень должен быть построен на основании определенных критериев, позволяющих провести классификацию и систематизацию оборудования. Выполнением этого является создание каталога оборудования.

Каталог состоит из единиц оборудования. Каждая единица оборудования имеет в каталоге свой уникальный идентификатор, код, станционное обозначение, название, штатное место расположения, принадлежность к системам, важным для безопасности и т.д.

Код оборудования формируется на основе универсальной системы классификации и кодирования, позволяющей идентифицировать любую технологическую систему, сооружение, агрегат или часть агрегата в процессе проектирования, сооружения и эксплуатации энергетического объекта.

Система кодирования оборудования позволяет

- кодировать установки, части установок, оборудование, его части, и приборы в соответствии с их назначением, типом, а также местом их расположения;
- выполнять единое обозначение всех типов энергетических установок и применяющих технологий;
- выполнять детализацию обозначений всех систем, агрегатов, зданий, сооружений и территорий;
- обеспечивать возможность расширения для обозначения новых технологий;
- обеспечивать единое обозначение при проектировании, сооружении, эксплуатации, техническом обслуживании и снятии с эксплуатации;
- обеспечивать возможность применения как для тепломеханической и строительной частей, так и для областей электротехники и систем контроля и управления, а также для других специальностей с учетом возможности обозначения объектов, принадлежащих этим специальностям и мест их расположения и монтажа;
- обеспечивать возможность применения автоматизированной обработки данных.

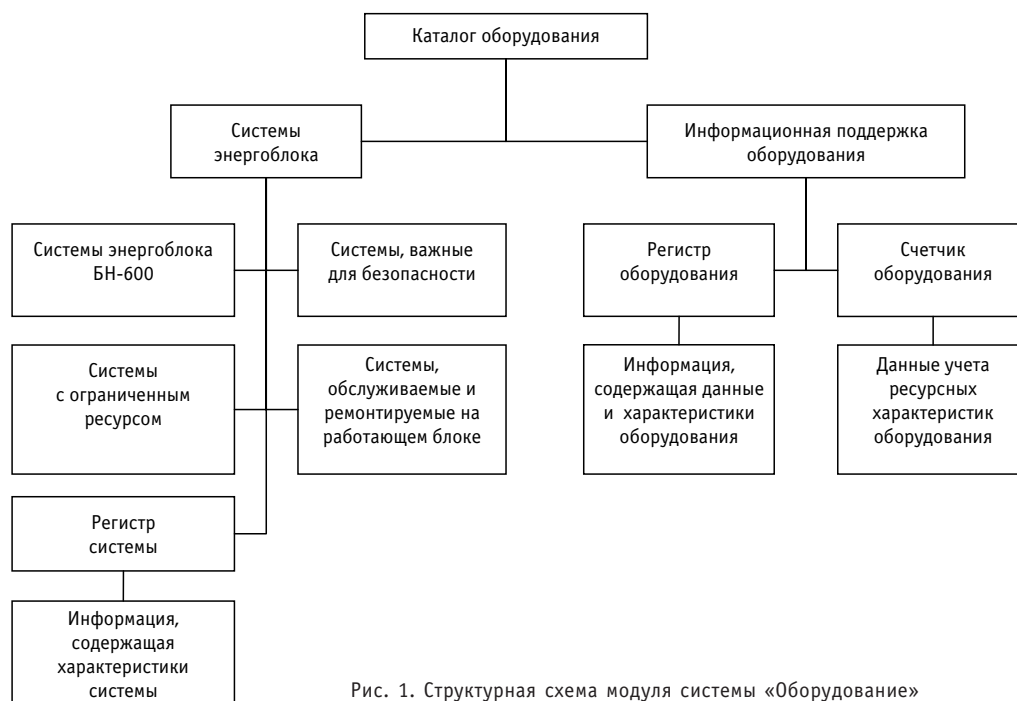
Структура кода оборудования позволяет

- классифицировать системы энергоблока и общестанционные системы;
- определять технологические потоки либо функциональные группы оборудования;
- определять и классифицировать род оборудования теплотехнической, электротехнической, строительной частей;
- выделять единицы оборудования (элементы систем), удовлетворяющие вышеперечисленным признакам.

Код оборудования позволяет осуществить прозрачный принцип работы системы. В любой момент времени, где бы не находилась система, по запросу пользователя либо по запросу самой системы она быстро идентифицирует конкретную единицу оборудования, а затем, при необходимости, выбирает, передает, сохраняет, обрабатывает, анализирует информацию, связанную с этим оборудованием.

Структурная схема модуля системы «Оборудование» представлена на рис. 1.

Каталог имеет информационную поддержку, включающую в себя основную информацию по системам и элементам систем. Информация по системам содержится в регистрах систем. Регистр системы оборудования представляет собой



набор данных, характеризующих систему: наименование, функция, технические параметры, параметры технического состояния, назначение, влияние на безопасность, характер функций, перечень назначенных режимов, наличие резервирования, пределы безопасной эксплуатации, условия безопасной эксплуатации, ресурс системы и т.д.

Информация по элементам систем расположена в регистрах оборудования. Регистр оборудования представляет собой набор общих данных по оборудованию (заводской номер, дата изготовления, поставки, монтажа, ввода в эксплуатацию, данные по разработчику, изготовителю, поставщику, монтажной организации и т.д.), эксплуатационно-технических характеристик оборудования, данных по заменам оборудования, статистических данных по надежности оборудования, данных по ремонту оборудования, финансово-экономических данных и др. С каждой единицей оборудования может быть связан счетчик оборудования, позволяющий вести учет по наработке данного оборудования.

Безопасность. Полагая, что система будет использована на АЭС, данное обстоятельство накладывает дополнительные требования к системе, связанные с безопасной эксплуатацией АЭС с точки зрения радиационной и ядерной опасности для персонала, населения и окружающей среды. Безусловно, прямого влияния системы на обеспечение радиационной и ядерной безопасности АЭС нет. Но если рассматривать систему как дополнительный инструмент для безопасного проведения технического обслуживания и ремонта оборудования АЭС, можно вполне определить такое влияние. В качестве примера, ставшего уже классическим, можно привести следующую ситуацию. В ремонт выводится некоторое оборудование. Для безопасного проведения ремонта оборудования определяются меры безопасности по подготовке рабочего места, где определяется оборудование ограничения, а точнее, его состояние, обеспечивающее безопасный ремонт ремонтируемого оборудования. Например, оно должно быть закрыто либо открыто, отключено либо включено, заперто, заземлено, обесточено и т.д. В это же время выводится в ре-

монта другое оборудование со своим оборудованием ограничения, которое входит (возможно, частично) в ограничение для первого ремонтируемого оборудования, но с состоянием, противоположным для первого. В результате, возникает опасная ситуация (не успели развесить или ошибочно убрали плакаты, не посмотрели, что за плакат), приводящая к несчастному случаю или к технологической аварии.

Исключить данную ситуацию можно на стадии подготовки к выводу в ремонт оборудования (формирование наряда на производство работ) с использованием системы. При формировании наряда система определяет оборудование ограничения и его состояние для первого и второго оборудования и в зависимости от срока ремонтных работ запрещает вывод в ремонт одного из двух, если сроки ремонта пересекаются и если хотя бы одно общее оборудование ограничения по условиям безопасности должно находиться в противоположном состоянии. Безусловно, наряд можно оформить вручную, но при этом увеличивается риск возникновения описанной выше ситуации. Использование системы в данном случае является чисто организационным мероприятием. Подобных примеров можно привести значительное количество.

Подытоживая, можно сказать, что основным замечательным свойством системы с точки зрения влияния ее на безопасность является то, что использующая заведомо верные правила система следует им безукоризненно, заставляя следовать им и человека, снижая влияние человеческого фактора при ошибках. Но в любом случае принятие любого решения всегда остается за человеком.

Литература

1. Шейнкман В.Г., Говоров П.П., Махаев Ю.А. и др. Информационная система поддержки технического обслуживания и ремонта энергоблока БН-600 БАЭС/Тезисы докладов IV Ежегодной конференции ЯО «Ядерная энергия и безопасность человека», доклад 2/101. – Н.Новгород, 1993.
2. Николаев В.В., Моисейцев В.А., Гуринович В.Д. Информационное обеспечение управления техническим состоянием оборудования и систем атомных станций/Семинар ВАО АЭС. – Сосновый бор, 1994.
3. Шейнкман А.Г., Махаев Ю.А., Гарин В.А. Концепция информационной системы поддержки технического обслуживания и ремонта энергоблока БН-600 Белоярской АЭС/Сб. науч. трудов «Безопасность эксплуатации Белоярской АЭС». – Екатеринбург: УрО РАН, 1994.

Поступила в редакцию 30.03.2009

reactor BN-600 that have been performed in the spent fuel cooling pond and in the hot laboratory of Beloyarsk NPP power unit 3. This paper presents the main results of the second modification of the process and experimental equipment of the hot cell of BN600 carried out after the year of 2000, and further perspectives of the development of the on-site verification complex are discussed.

УДК 621.039.542

Justification by Calculation of the Safe Post Irradiation Handling of the BN-600 Reactor Core Components/ V.V. Golovin, A.I. Karpenko, A.M. Tuchkov; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2009. – 5 pages, 1 table, 3 illustrations. – References, 1 title.

The article shows the possibility of the practical application of the results of the simulation by calculation of the heat-up of the spent BN-600 reactor core components with various decay heat power values for planning and optimizing the conditions of the post irradiation handling of these components.

УДК 621.039

Prediction of the Professional Successfulness when Screening the Candidates for the Potential Executive Positions/A.V. Abdullaeva, N.N. Oshkanov; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2009. – 6 pages, 2 tables, 12 illustrations. – References, 4 titles.

The paper analyzes the link of the psychodiagnostic criteria obtained when performing psychophysiological examinations with the indicator of success of activities to reveal the propensities of the employees of the company for managerial activities.

УДК 621.039.58

Concept of the Computer System of the Support to the Maintenance of the Equipment at the Nuclear Plant. Management and Safety/A.I. Karpenko, Yu.A. Makhaev; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2009. – 6 pages, 1 illustration. – References, 3 titles.

The paper presents main functional modules of the system of the support to the maintenance at a NPP.

УДК 621.039.58

Main Modules of the System of the Support to the Maintenance of the Equipment at the Nuclear Power Plant. Designation, Presentation, Implementation/A.I. Karpenko, Yu.A. Makhaev; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2009. – 6 pages, 3 illustrations.

The paper presents main functional modules of the system of the support to the maintenance at a NPP.

УДК 621.039.53

Structural Materials of the Russian Fast Reactor Cores. Current Situation and Perspectives/V.S. Ageev, Yu.P. Budanov, A.G. Ioltukhovskiy, M.V. Leonteva-Smirnova, N.M. Mitrofanova, A.V. Tselishchev, I.A. Shkaruba; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2009. – 9 pages, 4 tables, 7 illustrations. – References, 15 titles.

The article deals with the utilized and the perspective types and grades of the steels applied and planned to be applied as the fast reactor fuel cladding material. The features of the austenitic chromium-nickel and ferritic-martensitic steels are shown. To achieve the fuel burn-up levels higher than the achieved ones the austenitic steels can turn out to be useless because of their swelling. Actually «non-swelling» ferritic-martensitic chromium steels are considered to be more promising. In support to the achievement of the fuel pin damage dose of ~180 dpa the Russian Inorganic Material Research Centre develops the dispersion strengthened 12-% chromium steels using the methods of the powder metallurgy.