

# ОСНОВНЫЕ МОДУЛИ КОМПЬЮТЕРНОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА ОБОРУДОВАНИЯ НА АЭС. НАЗНАЧЕНИЕ, ОПИСАНИЕ, РЕАЛИЗАЦИЯ

**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:** журнал дефектов, информация, каталог, компьютерная программа, модуль, оборудование, ремонт, система, структура, функция, эксплуатация.

**Key words:** fault log, information, catalogue, software, module, equipment, maintenance, system, structure, function, operation.

Любой ремонт оборудования на предприятии (в данном случае это АЭС) требует организационных, временных и человеческих затрат на подготовку, вывод оборудования в ремонт, проведение ремонта и вывод оборудования из ремонта с одной целью – обеспечение надежной и безопасной эксплуатации оборудования. На организацию и проведение качественного ремонта оборудования влияет множество самых разнообразных факторов. Это учет дефектов оборудования, возникающих во время эксплуатации; учет наработки оборудования, связанной с ресурсом оборудования; организация работ при выводе оборудования в ремонт для безопасного проведения ремонта и выводе оборудования из ремонта; составление планов ремонта оборудования с учетом разнообразных факторов, включая дефекты оборудования, графики ремонта оборудования, затраты на ремонт и др.

С учетом бурного развития информационных технологий информационная поддержка планирования и проведения ремонтов может быть возложена на компьютерную систему поддержки технического обслуживания и ремонта оборудования (далее просто система). Существует немало 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.

Целью данной работы является описание особенностей подобной системы, разработанной на Белоярской АЭС с учетом специфики и опыта, накопленного в

течение эксплуатации энергоблока БН-600. При разработке системы были использованы принципы построения системы:

- модульная структура системы для обеспечения информационной связи между разделами, блоками и модулями как внутри системы, так и с внешним окружением;
- публичность и актуальность информации в рамках системы;
- структура, содержание и объем информации определяются требованием необходимости и достаточности для принятия пользователем решения при работе с системой;
- безопасность.

Выделяя основные составляющие такой системы и учитывая назначение системы, можно определить следующие функциональные модули: модули, связанные с дефектами оборудования, с заявками на выполнение работ, с нарядами на проведение работ, с планированием ремонта, с ведением базы данных оборудования, модуль аналитической и информационной поддержки. Структурная схема системы представлена на рис. 1. Каждый модуль является неотъемлемой частью системы и информационно связан с другими модулями. Внутри системы выполняется принцип публичности информации, когда некоторая информация, получаемая в одном из модулей, как правило, посредством сбора и обработки становится доступной (прозрачной) для любого другого модуля. Под словом информация следует понимать не информацию как таковую в чистом виде, а форму представления информации. Например, из какого-либо модуля требуется получить информацию регистра оборудования (или наоборот).

Регистр оборудования – это набор данных по оборудованию. В системе регистра оборудования существует в виде законченной формы представление информации, где она собирается, обрабатывается и соответствующим образом представляется. Именно в этой форме информация регистра оборудования будет представлена. Для этого, кстати, следуя логике структурной схемы рис.1, не требуется вызывать модуль «Оборудование», чтобы добраться до регистра оборудования. Регистр оборудования как информационная форма существует в программном поле системы абсолютно независимо. Такое состояние можно охарактеризовать как



Рис.1. Структурная схема системы поддержки технического обслуживания и ремонта оборудования

свободное плавание информации. В свободном плавании находятся все информационные формы системы. Модуль системы является такой же информационной формой. Не следует считать, что для того, чтобы вызвать какой-либо модуль системы, нужно добраться до predetermined места системы, а затем запустить нужный модуль. Любой модуль системы может быть вызван (запущен) из любого места системы, даже из самого себя. Поэтому модуль системы следует рассматривать исключительно как функциональную часть системы. Количество модулей системы по мере необходимости может расширяться. Система выполнена в одном программном поле и обеспечивает (при необходимости) одновременную работу всех модулей. Далее будут рассмотрены основное назначение модулей системы и их краткое описание.

*Модуль «Дефекты»* предназначен для регистрации, управления и контроля выполнения работ по устранению дефектов оборудования. В этом модуле предполагается выполнение следующих организационных процедур:

- регистрация дефекта;
- назначение устранения дефекта;
- согласование устранения дефекта ремонтным участком;
- выполнение работ по устранению дефекта;
- приемка устранения дефекта;
- подтверждение устранения дефекта и передача в архив;
- оценка дефекта оборудования по формальным критериям.

При оценке дефекта выполняется описание дефекта по следующим критериям:

- эксплуатация энергоблока до отказа (дефекта);
- эксплуатация оборудования до отказа (дефекта);
- способ обнаружения отказа (дефекта);
- признаки обнаружения отказа (дефекта);
- тип отказа (дефекта);
- причина отказа (дефекта);
- последствия отказа (дефекта);
- принятые меры.

По каждому критерию выставляется формальная оценка из списка оценок. В дальнейшем, эта информация используется при анализе дефектов.

*Модуль «Заявки»* предназначен для формирования, управления и контроля выполнения заявок на проведение работ по ремонту (ЗР) оборудования и включает в себя следующие организационные процедуры:

- формирование ЗР;
- согласование ЗР с подразделением-владельцем оборудования;
- согласование ЗР с начальником смены станции (НСС);
- согласование ЗР с главным инженером станции;
- разрешение допуска НСС к работам по ЗР;
- допуск к работам по ЗР;
- оформление окончания работ по ЗР;
- закрытие ЗР;
- передача ЗР в архив.

*Модуль «Наряды»* обеспечивает формирование, управление и контроль нарядов и распоряжений на проведение ремонтных работ (НР) на оборудовании, информационную и организационную связь с модулями «Дефекты» и «Заявки». В этом модуле предполагаются следующие организационные процедуры:

- формирование и выдача НР с использованием готовых справочников и библиотек;

- печать НР в форме, соответствующей типу наряда (единый наряд СТО, электрический наряд, распоряжение электрическое, дозиметрическое и т.д.);
- разрешение на выполнение работ по НР;
- допуск на выполнение работ по НР;
- выполнение работ по НР;
- закрытие НР;
- передача НР в архив (по сути, полностью совпадают с аналогичными процедурами модуля «Заявки»; если НР связывается с ЗР, указанные процедуры выполняются автоматически по мере выполнения соответствующих процедур из модуля «Заявки»).

Следуя одному из принципов построения системы – безопасность, вводится понятие ограничения НР. Под ограничением НР следует понимать набор некоторых условий, невыполнение которых приводит к запрету или предупреждению при дальнейшей обработке НР в рамках системы. Ограничения классифицируются как ограничения общего характера, ограничения, связанные с оборудованием и безопасностью проведения работ по НР, и ограничения, связанные с персоналом. Ограничения общего характера имеют одинаковое назначение при формировании полей НР. Например, нельзя оставить пустыми поля, связанные с ответственными лицами, содержанием работы, условиями безопасности. Ограничения, связанные с выбором оборудования, могут носить как предупредительный, так и запретительный характер. Например, при выборе одной или нескольких единиц оборудования для НР может быть наложен запрет или предупреждение на выбор, если данное оборудование уже используется в других НР.

При формировании условий безопасности при подготовке рабочих мест, где перечисляются оборудование и его состояние, может быть наложен запрет на выбор оборудования, если его состояние не соответствует состоянию этого оборудования в действующих НР. Ограничения, связанные с персоналом носят, как правило, запретительный характер. Например, нельзя сформировать поля ответственных лиц по наряду, если персонал не обладает соответствующими правами; нельзя выбрать члена бригады, если он задействован в НР, дата окончания которого перекрывает дату начала формируемого НР. По мере необходимости ограничения НР могут добавляться или исключаться, усиливаться или ослабляться.

*Модуль «Планирование ремонта»* определяет оборудование для вывода в ремонт и готовит документы, связанные с ремонтной кампанией. После выполнения ремонта система автоматически пересчитывает планируемую дату, вид (капитальный, средний, текущий) следующего ремонта оборудования.

*Модуль «Оборудование»* обеспечивает формирование в базе данных нового оборудования и изменение основных данных по оборудованию; выполнение процедуры замены оборудования с направлением данных в архив оборудования; формирование и заполнение данных регистра оборудования; учет ресурсных характеристик оборудования.

Регистр оборудования представляет собой набор общих данных по оборудованию (заводской номер, дата изготовления, поставки, монтажа, ввода и вывода из эксплуатации, 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. Данные регистра оборудования представляют как статическую информацию (заводской номер, дата монтажа, монтажная организация и т.д.), так и динамическую (данные по наработке и простоям оборудования, плановую дату и вид следующего ремонта и т.д.).

Для учета ресурсных характеристик оборудования система обладает механизмом так называемых счетчиков оборудования. Счетчик оборудования – это некий информационный объект, обладающий двумя состояниями: «включен – выключен». Если счетчик включен, предполагается, что связанное с ним оборудование работает; если выключен – простаивает. Включая или выключая счетчик в зависимости от фактического состояния, связанного со счетчиком оборудования, в результате можно получить временную последовательность состояний счетчика. Перевод счетчика из одного состояния в другое может производиться как в ручном режиме, так и в автоматическом. С одним счетчиком может быть связано несколько единиц оборудования, если оборудование работает синхронно. Имея данные по наработке оборудования всегда можно рассчитать остаточный ресурс оборудования. Указывая причину выключения счетчика (останов оборудования), можно вычислять количество отказов, наработку на отказ и другие показатели надежности оборудования.

Модуль «Аналитическая и информационная поддержка» (АИП) обеспечивает обработку и представление информации системы для проведения анализа и составления отчетов. Обработке подлежит любая информация, сосредоточенная в системе. Это может быть информация, связанная с учетом дефектов оборудования, заявок на выполнение работ по ремонту оборудования, нарядов на производство работ на оборудовании, с ресурсными характеристиками оборудования и т.д. В модуле АИП выполняется разносторонняя обработка информации, и результаты обработки представляются в виде графических диаграмм или таблиц с возможностью включения в документы из пакета MS Office. Характеристики модуля АИП достаточно обширны и разнообразны и, по всей видимости, требуют изложения в отдельном материале.

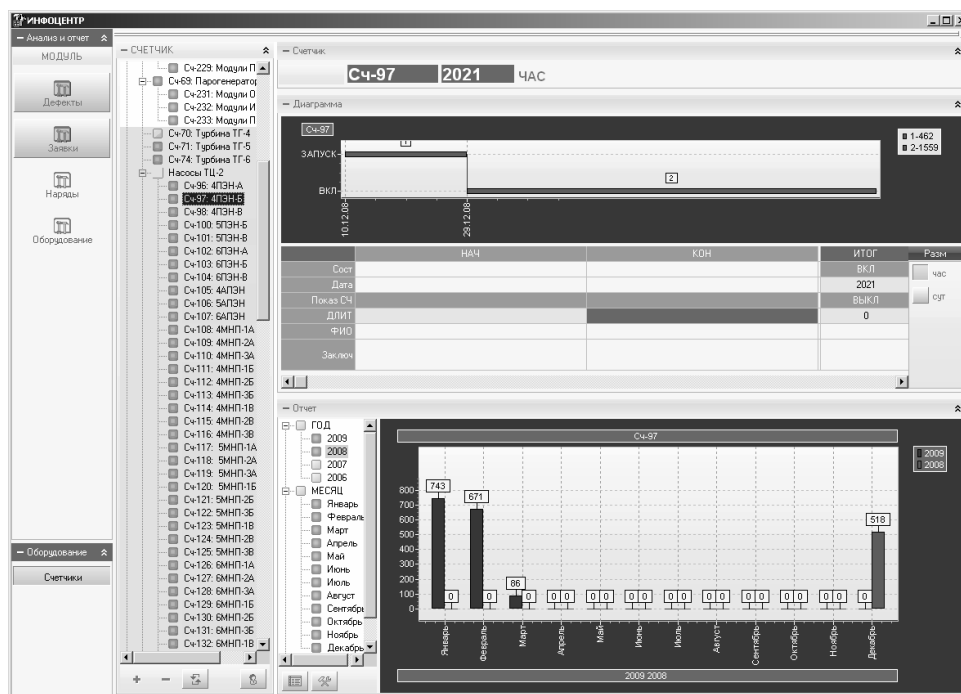


Рис. 2. Фрагмент, демонстрирующий работу счетчика оборудования. Данные, представленные на фрагменте, нереальные

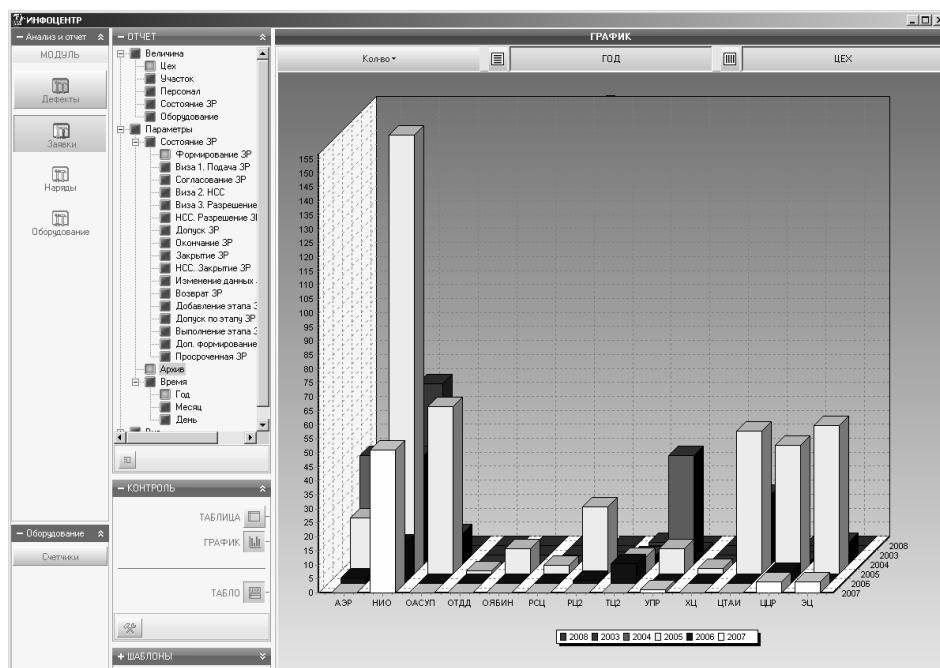


Рис. 3. Фрагмент, демонстрирующий работу модуля аналитической и информационной поддержки. Данные, представленные на фрагменте, нереальные

В качестве демонстрации на рис. 3 представлена одна из возможностей обработки и представления информации, связанной с заявками на выполнение работ по ремонту оборудования.

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.