

## Автоматизация технического обслуживания и ремонта на Смоленской атомной станции

Антоненко И.Н., Комонюк О.В., инженеры  
НПП СпецТек

Основные приоритеты атомной энергетики – безопасность, эффективность, конкурентоспособность, тесно связаны с совершенствованием процессов технического обслуживания и ремонта (ТОиР). С другой стороны, реальное совершенствование ТОиР на современном уровне вряд ли возможно без использования информационных технологий. Высокая сложность оборудования и процессов функционирования атомной станции создают весомые предпосылки для информатизации ремонтно-эксплуатационной деятельности и внедрения автоматизированных систем управления ТОиР (АСУ ТОиР).

Как известно, основой АСУ ТОиР служат программные системы класса ЕАМ (Enterprise Asset Management, Управление Основными Фондами). Мы уже писали в журнале “Электрические станции” (номер 6, 2004, с. 16-19) о проекте внедрения АСУ ТОиР на Смоленской АЭС (САЭС). Внедрение велось силами специалистов НПП СпецТек и САЭС. Система

реализована на базе программного комплекса TRIM ([www.trim.ru](http://www.trim.ru)) и получила название “Десна-2”. Хронология проекта такова: октябрь 2002 – начало работ, ноябрь 2003 – сдача системы в опытную эксплуатацию, июнь 2005 – начало промышленной эксплуатации АСУ ТОиР. Статья, на которую мы здесь ссылаемся, была опубликована по итогам ввода системы в опытную эксплуатацию. Для того, чтобы продолжить знакомить читателей с проектом, зафиксируем параметры системы на тот момент.

Итак, пользователей в АСУ ТОиР насчитывалось около 100, клиентские рабочие станции были распределены между основными подразделениями САЭС, участвующими в ТОиР. В частности, управление получило 8 пользователей, реакторный цех – 10, турбинный цех – 11, цех централизованного ремонта – 12, химический цех – 9, отдел радиационной безопасности – 5, отдел контроля металла и сварки – 3, цех наладки и испытания оборудования – 4, отдел подготовки и проведения ремонтов – 4, электрический

цех – 12. Объем базы данных по оборудованию составлял 180 тысяч единиц. Причем эти данные были конвертированы из системы “Десна-ремонт”, созданной ранее по программе TACIS на основе продуктов компании ESBIC (Ирландия) и использовавшейся на САЭС до внедрения системы “Десна-2”. Отказ от нее был обусловлен недостаточными возможностями и слишком высокими затратами на реализацию дополнительных требований и поддержку. Работы по миграции данных позволили максимально использовать накопленную за несколько лет информацию.

Опытная эксплуатация системы продлилась полтора года. Итогом работы, проведенной специалистами НПП СпецТек и САЭС за этот и предшествующий период, стало создание по существу первой типовой информационной системы управления ТОиР масштаба предприятия в атомной энергетике России. Это значит, что она может тиражироваться на другие станции, в отличие других разработок в отрасли, которые либо привязаны к конкретной АЭС, либо не охватывают весь комплекс процессов ТОиР.

Содержанием периода опытной эксплуатации стала работа по трем основным направлениям: развитие базы данных, подключение новых пользователей, доработка функциональности системы в дополнение к той, которая уже имелась в TRIM. Необходимо отметить, что появление новых пользователей бессмысленно, если в системе отсутствуют условия для их работы: нет оборудования, за которое они ответственны, нет функций, которые им нужны. Таким образом, указанные направления взаимосвязаны, полностью их “распараллелить” невозможно, а последовательное выполнение требует соответствующего времени. Основные временные затраты связаны с базой данных, а также созданием и практической отработкой пользовательских функций.

Работа над базой данных велась предварительно обученными сотрудниками САЭС. В течение 2004 года информация по оборудованию и технологическим местам электрического цеха пополнилась на 37 тысяч единиц, введены аналогичные данные по цеху тепловой автоматики и измерений в объеме 20 тысяч единиц. В 2005 году база данных была дополнена 6-ю тысячами записей цеха обеспечивающих систем.

В остальных цехах велась работа по приведению к актуальному состоянию той базы, которая была создана еще в 1995-1996 годах в рамках проекта “Десна-ремонт”. В итоге, к моменту сдачи системы в промышленную эксплуатацию объем базы данных по оборудованию расширился до величины порядка 240 тыс. единиц.

Изменение количества пользователей определялось увеличением их числа в тех подразделениях, которые работали в TRIM с начала опытной эксплуатации, и подключением к системе новых подразделений. На динамику этих изменений влияло не только наполнение базы данных и доработка функций, но и обучение, проводившееся силами инструкторов – работников САЭС, прошедших предварительную подготовку. Обучение велось на тренажере системы в учебном классе САЭС. Результативность этого процесса можно оценить по приросту числа пользователей к моменту сдачи системы в промышленную эксплуатацию – от 100 эта величина возросла до 540. Появились автоматизированные рабочие места TRIM в цехах тепловой автоматики и измерений, дезактивации, тепловых и подземных коммуникаций, в отделах – метрологии и стандартизации, реконструкции и пожарной безопасности, ядерной безопасности, эксплуатации зданий и сооружений, и в других подразделениях. Подключены к работе в системе специалисты подрядной организации “Курсктурбоатомэнергоремонт”. Важно отметить, что расширение АСУ ТОиР идет и в настоящее время. Так, на февраль 2006 года количество пользователей достигло 743.

Залогом успешного внедрения TRIM стало активное участие специалистов САЭС в проекте. Был сформирован Координационный комитет под председательством главного инженера станции в составе его заместителей и руководителей подразделений. В задачи комитета входил контроль работ, решение текущих проблем. В группу внедрения вошли технологи станции, были также созданы функциональные группы по направлениям – планирование и диспетчеризация, контроль технического состояния оборудования, подготовка и организация ТОиР, оперативное управление оборудованием, которые выполняли экспертные функции. Руководителем проекта был назначен первый заместитель главного инженера станции.

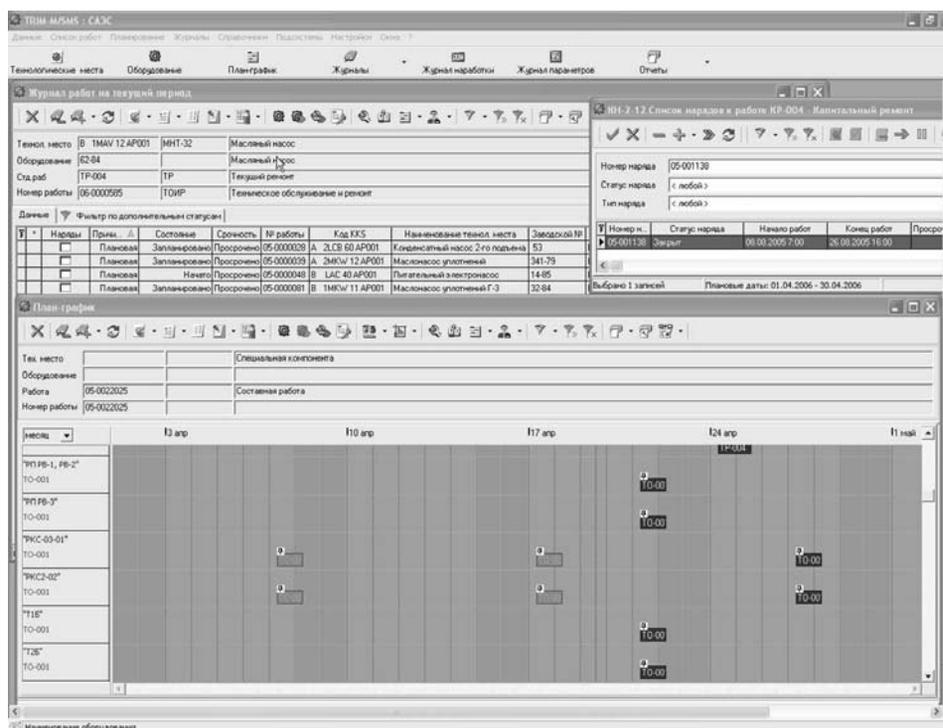


Рис. 1. Журнал работ, список нарядов, план график

Специалисты группы внедрения со стороны Смоленской АЭС обеспечили поддержку пользователей, разработку инструкций на рабочие места, а руководство станции предоставило проекту необходимые ресурсы и административную поддержку. Команда разработчиков НПП СпецТек получила со стороны САЭС необходимую информацию для доработки бизнес-логики, заложенной в TRIM, с целью ее приведения в более полное соответствие нормативной базе и сложившейся практике работы станции. На этой основе за время опытной эксплуатации был выполнен значительный объем работ по развитию и созданию новых пользовательских возможностей системы. В их числе:

**Системы и оборудование.** В отношении учета систем и оборудования экранные формы дополнены полями согласно документу РД ЭО 0069-97. Усовершенствован алгоритм введения справочника графических изображений в части хранения технологических схем в формате AutoCAD.

**Журнал учета работ по нарядам и распоряжениям.** Функция обеспечила переход к электронному журналу работ по нарядам и распоряжениям (рис. 1). В результате доработки появилась возможность видеть в системе текущее состояние всех работ на данный момент – тем самым было устранено ограничение,

когда в качестве выполненных были видны только те работы, по которым внесены отчеты. На практике оказалось, что отчеты по работам составляются с запаздыванием на 1-7 дней, и это не позволяло оперативно контролировать их состояние.

**Карта эксплуатационных параметров.** Реализация карты позволила собирать в одном месте все параметры для заданного типа оборудования, например – насосы.

**Состояние оборудования.** Введен ряд полей для детализации состояния оборудования, заполнение которых увязано с изменением поля “Техническое состояние”. Появилась возможность видеть историю эксплуатационного состояния из диспетчерского журнала, историю технического состояния – в формуляре.

**Интерфейс с подсистемой “Кадры-2”.** Создание интерфейса позволило автоматизировать ведение структуры подразделений и штатных единиц станции в TRIM, обеспечить автоматическую передачу в АСУ ТООП данных о персонале. В результате каждая штатная единица описывается в TRIM на актуальном месте. В то же время, до создания данной функции единственной возможностью был ручной ввод, однако отследить состояние 6000 штатных единиц таким способом не представлялось возможным.

**Разделение сущностей “Оборудование” и “Технологическое место”.** Разделение позволило отделить место установки оборудования от агрегата, имеющего заводской номер. Это дало возможность корректно отслеживать перемещение оборудования по технологическим местам. Реализован автоматический подсчет наработки по эксплуатационному состоянию оборудования, фиксируемому в диспетчерском журнале.

**Разделение справочника “Ресурсы” на отдельные справочники.** Иерархический “Справочник подразделений и штатных единиц” – отражает соответствующую структуру станции с конкретизацией по должностным категориям.

“Справочник механизмов” – отражает структуру подразделений с конкретизацией принадлежащих им механизмов.

“Справочник лиц, имеющих право выдачи наряда-допуска, руководителей работ по нарядам, производителей работ” – отражает персонализированный состав соответствующих лиц.

“Справочник профессий” – в отличие от справочника штатных единиц конкретизирует уровень квалификации. Привязка профессий исполнителей к работам позволяет планировать их трудоемкость.

**Создание справочников “Вид оборудования”, “Тип оборудования”.** Реализация справочников позволила исключить ошибки ручного ввода вида и типа оборудования. На этой основе стал возможен анализ данных в разрезах вида и типа. Кроме того, эти справочники содержат всю типовую информацию по оборудованию, которая может легко копироваться при создании новых записей в базе данных.

**Накопление данных нарядно-допусковой системы.** Реализация алгоритма накопления условий безопасности, отдельных указаний и данных о выдаче нарядов-допусков позволила структурировать информацию с тем, чтобы адекватно впечатывать ее в бланки утвержденной структуры.

**Сводная форма по дефектам.** Реализованный алгоритм представляет собой инструмент оперативного анализа журнала дефектов (рис. 2). В результате анализа формируется статистическая сводная форма по дефектам с возможностью интерактивного перехода к просмотру детальной информации по каждому де-

фекту. Ранее, до выполнения доработки, имелась возможность формировать сводный отчет по дефектам, однако нельзя было перейти к свойствам дефекта непосредственно из отчета – необходимо было искать дефект в журнале дефектов.

**Анализ надежности.** Появились новые поля для описания дефектов, служба управления надежностью получила возможность проводить статистический анализ при исследовании надежности.

**Работа с архивом дефектов.** Разработана процедура работы с архивом дефектов непосредственно из системы. В результате данные по дефектам, накопленные за многие годы до внедрения системы, стали доступны пользователям для анализа наряду с текущими данными.

Прежде чем перейти к результатам проекта отметим, что совершенствование функциональности АСУ ТООиР продолжается и сейчас в рамках допсоглашений на разработку. В частности, специалистам НПП СпецТек предстоит еще реализовать алгоритмы ведения журналов – “Учета вывода оборудования в ремонт, требующего разрешения главного инженера станции”, “Учета диспетчерских заявок на вывод оборудования в ремонт”, “Учета цеховых заявок на вывод оборудования в ремонт”, “Журнала расследований”. В планах создание алгоритма автоматического контроля сдачи квалификационных экзаменов и наличия действующей записи о медосмотре при формировании наряда (распоряжения), алгоритма составной работы с возможностью создания наряда (распоряжения) на работу или ее часть. Предстоит реализация справочника помещений с возможностью связывания помещения в справочнике с технологическим местом и использования его в качестве объекта ТООиР, а также некоторых других функций.

**Результаты проекта.** В идеале хотелось бы выразить весь эффект от внедрения информационной системы в виде некой интегрированной суммы в рублях, которую дополнительно получило (сэкономило) предприятие. Однако в данном случае о такой оценке говорить пока преждевременно.

Дело в том, что в нынешней конфигурации АСУ ТООиР отсутствует подсистема материально-технического снабжения (МТС), без которой невозможно выйти на финансовые показатели использования АСУ ТООиР. Именно поэтому очередным этапом работ на САЭС станет вне-

дрение такой подсистемы на базе соответствующих модулей TRIM. Уже проведено предпроектное обследование, готовится к подписанию договор и проектная документация.

Подсистема МТС в перспективе позволит станции оптимизировать издержки на запчасти и материалы. А именно: за счет отсутствия необоснованных заявок – так как каждая заявка будет связана с конкретной работой; за счет отсутствия повторных заявок – так как повысится прозрачность формирования и выполнения заявок; за счет минимизации неликвидов –

так как каждая заявка получит обязательные атрибуты своего подразделения. Будет обеспечен оперативный доступ к информации об остатках склада. В целом у станции появится возможность определять и обосновывать в концерне затраты на выполнение отдельной работы и комплекса работ в стоимостном выражении, оказывая косвенным образом влияние на нормативы затрат.

Тем не менее, уже сейчас система весьма полезна для станции, поскольку способствует решению ее важнейших задач.

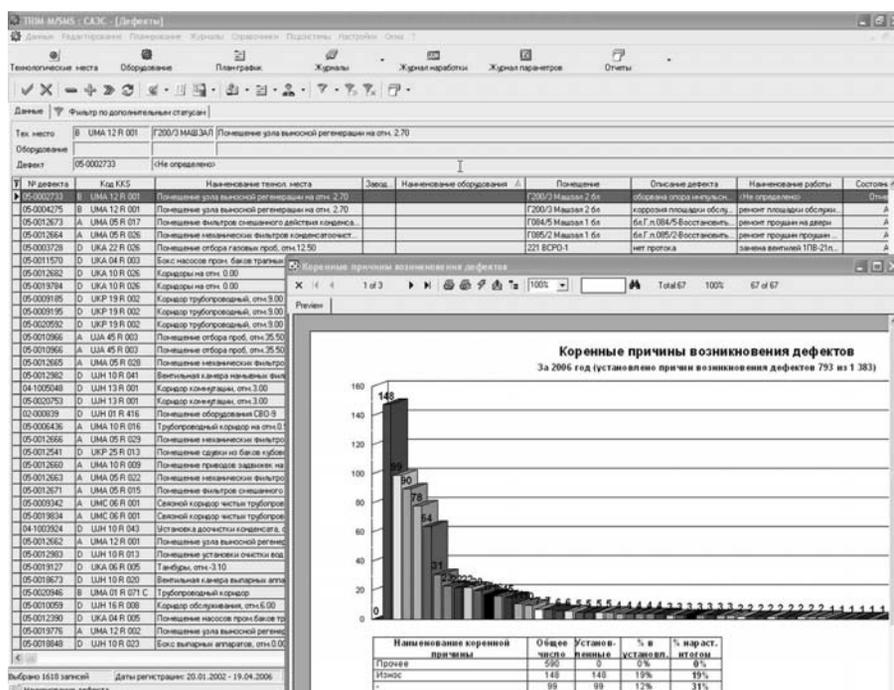


Рис. 2 Анализ журнала дефектов

Использование системы для ведения нарядно-допускной системы и базы данных по условиям безопасности позволило существенно сократить количество ошибок и недостатков при оформлении нарядов-допусков. Накопление в системе данных по нарядам-допускам со временем позволит заблаговременно оформлять наряды, что сократит время допуска персонала к работам в период ремонтов, когда временной фактор важен для успешного завершения работ и для сокращения простоев энергоблоков в ремонтах.

Система позволила наладить контроль повторных ремонтов оборудования, организовать выявление их причин и принятие мер по обеспечению качества ремонтов. Электронный

“Журнал дефектов” позволяет отслеживать и анализировать качество устранения дефектов по фактам их повторения. Система позволила выявить недостатки в документировании результатов ремонтов, на основании анализа которых проводится корректировка станционных инструкций.

Интеграция TRIM с системой календарно-сетевое планирование создала условия для оптимизации графиков ТОиР, поиска вариантов по минимуму времени выполнения.

В результате внедрения АСУ ТОиР персонал станции получил инструмент, позволяющий собирать в единую систему и привязывать к конкретной единице оборудования технические данные, эксплуатационные параметры, резуль-

таты технического контроля и диагностики, чертежи, технологические схемы, документацию. Состав оборудования представлен с необходимой детализацией, идентифицированы требуемые узлы, детали. Ко всей информации появился оперативный доступ из одной точки – с рабочего места пользователя.

В свою очередь, для каждой единицы оборудования закреплены все виды регламентных работ. В результате все эти работы автоматически попадают в формируемый план ТОиР, который может своевременно перепланироваться. План ТОиР, таким образом, в каждый момент времени максимально соответствует реальным задачам и возможностям станции, а его наличие в местах применения обеспечивается сетевыми средствами. Такой план в совокупности с электронным “Журналом выполненных работ” может служить объективным критерием контроля работ, на основе применения фильтров можно автоматически получать выборку работ на любой период на заданное подразделение.

К каждой работе можно привязать требуемые запчасти, материалы, трудовые ресурсы, продолжительность, необходимую документацию (технологические инструкции, карты пооперационного контроля, шаблоны отчетов о работе). Благодаря этому при планировании ТОиР можно автоматически формировать план обеспечения ресурсами. По факту выполнения работ регистрируется время, трудозатраты, затраченные на выполнение каждой работы ресурсы. Тем самым, реализуются учетные функции системы.

С использованием системы реализовано планирование и оформление результатов такого вида деятельности руководителей САЭС, как обходы рабочих мест персонала и закрепленного оборудования. Эти видом деятельно-

## Вывод

Актуальность внедрения ЕАМ-систем в атомной энергетике очень высока. С одной стороны, это обусловлено задачами отрасли, с другой стороны – возможностями автоматизации для решения данных задач. В этом направлении уже сделаны значительные шаги. На Смоленской АЭС, как уже было сказано, принята в промышленную эксплуатацию типовая АСУ ТОиР масштаба предприятия “Десна-2”.

сти охвачены руководители от директора до начальников смен блоков и заместителей, начальников цехов и отделов включительно. Система позволила обеспечить полную прозрачность и контролепригодность результатов этой работы.

Для технических руководителей работ и для инспектирующих служб стала всегда доступна информация о выявленных замечаниях по состоянию оборудования, о результатах диагностики, что повысило качество ее анализа. АСУ ТОиР позволяет вводить и хранить в базе данных эксплуатационные параметры (Журнал параметров – суточные ведомости эксплуатационных параметров) с возможностью их вывода в виде графиков и прогнозированием тенденций.

Облегчен труд оперативного персонала. В системе автоматизировано ведение наработки оборудования (Журнал наработки), регистрация дефектов оборудования (Журнал дефектов). Нарядно-допускная система, реализованная в электронном виде, позволяет оперативному персоналу заблаговременно видеть в системе все наряды со статусом “выдано”, заранее оценивать весь объем работ на текущий день и готовиться к этим работам. Все операции по регистрации наряда, допуску к работе, закрытию наряда выполняются в электронной форме. При вводе эксплуатационных параметров осуществляется их автоматизированный контроль и выдача сообщений о степени соответствия допустимым значениям. Накопление информации о параметрах позволяет на основе истории их изменения делать прогнозы и заблаговременно готовить корректирующие действия. Регистрация переключений в “Журнале регистрации эксплуатационных параметров и состояний оборудования” позволяет оперативно получать информацию о том, в каком состоянии в данный момент находится оборудование.

На Курской АЭС начались работы по внедрению аналогичной системы, для чего предусмотрено тиражирование функциональности системы “Десна-2” в части управления ТОиР и информационной поддержки оперативного персонала. В результате выполнения всех предусмотренных техническим заданием работ на Курской АЭС количество рабочих мест в системе будет около 800, число пользователей – порядка 1200.