

# АНАЛИЗ ФУНКЦИОНАЛЬНОСТИ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИМ ОБСЛУЖИВАНИЕМ И РЕМОНТОМ ОБОРУДОВАНИЯ

А. А. Амбарцумян, А. С. Хадеев

*Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова, г. Москва*

Рассмотрены архитектурные слои АСУ производства; основной акцент сделан на обобщении и структурировании сведений о системах технического обслуживания и ремонта оборудования (ТОРО). Определены функции, входящие в зону ответственности этих систем: формирование сводок о состоянии оборудования на основе первичных сведений, прогнозирование плановых и внеплановых ремонтов и обслуживания на основе вторичных данных и др. Приведено обоснование, позволяющее отнести ТОРО-системы к уровню MES — систем управления основными фондами. Обсуждены некоторые популярные на рынке СНГ программные инструменты MES, представлены результаты их сравнительного анализа.

## ВВЕДЕНИЕ

Системы автоматизации, пожалуй, наиболее часто изменяемый компонент в структуре управления современным предприятием. Кроме традиционных направлений модернизации (развития технологии, технических и программных компонентов), один из востребованных в последнее время путей развития СА заключается в интеграции систем различного уровня управления, к функциям которых добавляется и управление технологической безопасностью [1].

Многообразие технических и программных средств, структурных и архитектурных решений, функциональных возможностей, различные степени участия информационных инструментов в каналах управления технологией, производством и предприятием — вот определяющие характеристики действующих систем автоматизации на современных предприятиях во всех отраслях промышленности. У руководства отделов автоматизации различных предприятий появилась проблема выбора пути дальнейшего развития систем.

С одной стороны, объем автоматизации увеличился, сложность и стоимость аппаратуры и программного обеспечения резко возросли (современные ПЛК, серверы, сети, SCADA-системы, информационно-управляющие системы различного уровня — MRP, MRP II, ERP и др.), также, как и затраты ресурсов и времени на про-

ектные работы, и соответственно требования к квалификации обслуживающего персонала и затраты на обслуживание возросли.

С другой стороны, имеет место “лоскутный” характер автоматизации в целом по всем уровням управления, вследствие чего возникают потери — несоблюдения регламента; нарушения норм эксплуатации оборудования. Нередки производственные потери из-за конфликтов потоков “технологических действий”, планируемых персоналом, контролирующим технологические процессы, и ремонтных и профилактических работ, планируемых на уровне управления производством. “Прозрачность” процессов для внешних контуров управления технологией недостаточна (обеспечивается лишь на уровне параметров процессов), степень контроля работы оборудования неудовлетворительна для задач АСУП (контролируется работа только автоматизированных приводов). До настоящего времени скоординированность действий была минимальной, что было обусловлено различными (зачастую несовместимыми) требованиями подразделений и служб предприятий, использующих те или иные средства автоматизации.

Ситуация осложняется тем, что часто каждая из систем автоматизации реализовывалась на основе различных аппаратных, программных и информационных стандартов. *Отсутствие нормативных служб и единой стандартизации к средствам управления* приводит к не-



оправданно высоким затратам на обслуживание и модернизацию оборудования. Отсюда возникает актуальность задачи создания для современного промышленного производства единого информационного пространства.

Системам ERP и SCADA, автоматизирующим верхний и нижний уровни предприятия, посвящено довольно много обзоров, содержащих сравнительные характеристики и предоставляющих практически всю необходимую информацию для выбора инструмента под конкретную задачу. Промежуточные уровни описаны слабее и представляют интерес для исследователя. В частности, в настоящей работе анализируются системы типа EAM. Интерес к EAM-системам, в связи с поиском инструментов для обеспечения функций управления безопасностью, обусловлен тем, что одним из барьеров обеспечения технологической безопасности является управление техническим состоянием оборудования, один из компонентов которого состоит в техническом обслуживании и ремонте [2]. В настоящей статье кратко излагается весь набор IT-инструментов, позволяющий комплексно решить задачи автоматизации на современном предприятии, затем определяется в этом наборе место EAM-систем, далее анализируются наиболее распространенные на рынке СНГ EAM-системы и даются рекомендации по их применению.

#### Основные сокращения:

АСУ — автоматизированная система управления;  
 АСУП — АСУ производством;  
 АСУТП — АСУ технологическим процессом;  
 ИУС — информационно управляющая система;  
 НТД — нормативно-техническая документация;  
 ПЛК — программируемый логический контроллер;  
 СА — система автоматизации;  
 ТОУ — технологический объект управления;  
 ТОРО — техническое обслуживание и ремонт оборудования;  
 EAM — Enterprise Asset Management, аналог ТОРО;  
 ERP — Enterprise Resource Planning — системы управления предприятием;  
 MES — Manufacturing Execution System — системы управления основными фондами;  
 MMI — Man-Machine Interface — человеко-машинный интерфейс;  
 MRP — Material Requirement Planning — системы планирования потребности в материалах;  
 MRP II — Manufactory Resource Planning — системы планирования производственных ресурсов;  
 SCADA — Supervisory Control And Data Acquisition — система сбора данных и оперативного диспетчерского управления.

## 1. КОМПЛЕКСНАЯ АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ И IT-ИНСТРУМЕНТЫ

### 1.1. Пирамида уровней автоматизации

Комплексная автоматизация производственных процессов, декларированная в виде лозунгов в далекие 1950-е гг., по настоящему стала разворачиваться только

в 1970-е гг. (это связано, прежде всего, с широким применением микропроцессорных устройств и локальных систем передачи данных), но в полной мере о комплексной автоматизации можно говорить только последние 5—10 лет. Этому способствовало множество новаций, но перечислим, по нашему мнению, лишь основные из них.

- Именно в 1990-е гг. средства коммуникации данных в системах автоматизации — локальные сети — прошли фазу лабораторных исследований, пилотных приложений, “фирменных” стандартов и перешли в фазу национальных и международных стандартов, а, следовательно, и широкого применения.

- Инструментальные средства проектирования систем управления технологическими процессами (MMI, интерфейсов между различными компонентами системы и т. п.), используемые разработчиками как их собственный инструмент, переросли ранг внутрифирменных инструментов (фирменного “ноу-хау”) и появились на рынке как SCADA-системы. Их применение увеличило долю фирменного программирования в составе программного обеспечения систем управления технологическими процессами, значительно повысило надежность проектных решений и повысило доверие к ним заказчика и эксплуатационного персонала.

- К началу 1990-х гг. накопился опыт автоматизации “околопроизводственных” работ — технологическая подготовка производства, материально-техническое снабжение, календарное планирование и т. д. (АСУП); и управления предприятием в целом (АСУ-кадры, — бухгалтерия, — финансы, — планирование) и появились соответствующие инструменты MRP, MRP II, ERP.

- Наметился переход от отдельных автоматизированных служб предприятий к информационной инфраструктуре. К началу 1990-х гг. как в среде заказчиков, так и в среде разработчиков систем автоматизации стал общепризнанным тезис: результативность работы крупной компании зависит от наличия у неё совершенной информационной инфраструктуры. Информационная система в таких компаниях обычно представляет собой распределенную вычислительную систему с центральным сервером и достаточно большим числом рабочих станций, оснащенных различными приложениями, в зависимости от профиля пользователя. В крупной компании производство, как правило, включает в себя технологические процессы и процессы оказания услуг (как внутри, так и вне компании). Успешный бизнес таких компаний в условиях рыночной экономики напрямую зависит от надежности и стабильности функционирования информационной системы. Информация в сфере бизнеса — один из главных ресурсов (очень часто, “критический фактор”). Неэффективная организация информационных потоков (сбор, обработка, анализ, хранение) угрожает процветанию бизнеса. Наличие динамичной и гибкой информационной инфраструктуры залог не просто успеха, а жизнеспособности бизнеса подобных компаний

- В 1990-е гг. произошел значительный прорыв в системном мышлении. Утвердилась методология ООП — объектного подхода к проектированию и программированию систем (О. Буч и др.), сформировалась концепция проектирования бизнес-процессов и др. Каждая из упомянутых новаций заслуживает отдельного рассмот-



Рис. 1. Пирамида уровней автоматизации

рения, но, учитывая ограниченный объем публикации, кратко поясним роль бизнес-процессов в пересмотре методологии функционирования и проектирования “околопроизводственных” процессов. Отличительный момент этой новации, по нашему мнению, состоит в следующем. Исторически технологические процессы были первыми, охваченными автоматизацией управления. На этом этапе в истории автоматизации сформировалась практика (стереотип): специалист по технологии и объекту формулирует технологические алгоритмы, которые являются техническими требованиями в техническом задании на автоматизацию. Системщик обязан их реализовать. Эта практика была распространена и на следующие области автоматизации производства: административно-хозяйственную деятельность (материально-техническое снабжение, склады материалов и продукции и др.), планирование производства продукции и обслуживания оборудования, управление кадрами, финансами, отчетностью (АСУП и АСУ в прошлой терминологии). Однако в этих сферах деятельности технологов нет, но есть специалисты, выполняющие эту работу, и есть должностные инструкции, написанные, как известно, весьма расплывчато, чтобы быть пригодными на все случаи жизни. Единственно объективной сущностью в этой деятельности были сопряженные с ней документы (заявки, сводки, проводки, формуляры, паспорта и т. д., и т. п.). Естественным ответом системщиков на эту реальность явилось создание систем документооборота. Однако заметим, что любые изменения организационной структуры или внешней среды порождает изменения в документах или их потоках, и поэтому часто системы документооборота находятся в постоянной разработке или модернизации. Введение бизнес-процессов в сферу административно-хозяйственной деятельности фактически формализует её до уровня технологии (“технологизирует” административно-хозяйственную деятельность), что служит предпосылкой более глубокой автоматизации этой сферы и фактически требует пересмотра всей системы управления — реинжиниринга предприятия. Документы при этом становятся вторичным (хотя и важным) компонентом в этой работе.

Картину автоматизации предприятия можно представить в виде иерархической пирамиды, представленной на рис. 1 (вид сверху).

Передняя грань пирамиды отражает автоматизируемые процессы, левая — классы информационно-управляющих систем, а правая — программные продукты, характерные для соответствующего уровня.

Слой у основания пирамиды представляет уровень цеха: оборудование, технологические процессы и действия обслуживающего персонала. Ближе к центру уровень MES, это управление основными ресурсами предприятия (производственные фонды, ТОиР, инженерно-технологическое сопровождение). Оба уровня автоматизируют производственную среду предприятия с помощью информационных и коммуникативных систем. Верхний уровень пирамиды представляет уровень стратегического планирования и управления. Приведем краткое описание уровней в пирамиде.

### 1.2. Уровень управления оборудованием и технологическими процессами — АСУТП

*Объект управления:* оборудование, технологические процессы и действия обслуживающего персонала.

*Типичные системы автоматизации:* системы встроенной автоматики, ЧПУ, сети ПЛК, АСУТП.

В ретроспективе этот уровень был первым освоен компьютерными системами — АСУТП (на рубеже 1950-х—1960-х гг.). Это было подготовлено развитыми системами КИП и А (контрольно-измерительных приборов и автоматики), системами телемеханики, ЧПУ, релейной автоматики [3, 4]. Помощь персоналу в выполнении функций координации, ведение архивов и подготовка отчетных документов были основными задачами первых компьютерных систем на уровне цеха — АСУТП [4]. Дальнейшее развитие на этом уровне привело к компьютеризации систем КИП и А с помощью локальных сетей ПЛК, интеллектуальных датчиков и интеллектуализации человеко-машинного интерфейса (системы MMI). В последнее десятилетие основой новацией при внедрении автоматизации на этом уровне, как уже отмечалось, являются SCADA-системы [5]. Программные продукты SCADA-систем применяются, как правило, для создания интерфейса оператора, сбора данных о производственном процессе, их архивирования и подготовки отчетных документов.

В самих SCADA-системах основная новация заключается в развитой системе визуализации модели ТОУ как набора данных в виде всевозможных мнемосхем с аппликацией динамики, в построении трендов любых параметров с привязкой к реальному времени, в ведении архива параметров, событий и отчетности. SCADA-система поддерживает открытую архитектуру типа “клиент—сервер”. Основной сервер системы собирает информацию от низовых устройств управления и датчиков, обрабатывает их и выдает оператору. Кроме того, он связан с общей базой данных АСУТП. Открытая архитектура позволяет выбирать различные компоненты программного и аппаратного обеспечения независимо от их производителей. В результате расширяются функциональные возможности системы и снижается ее стоимость. Наиболее известными такими расширениями



ми стали продукты iFix компании “Intellution Inc.” [6]; InTouch 4.0 (“Wonderware Software Development Corp.”); FactoryLink IV (“United States Data Corp.”); Plantworks (IBM); OnSpec (“Heuristics Inc.”); Iconics (“Genesis”); Paragon (“Intec Controls Corp.”). Из отечественных продуктов отметим систему ОПЕРАТОР Института проблем управления РАН, систему Trace Mode московской фирмы “AdAstra”, хорошо зарекомендовавшие себя в управлении в энергетике, нефтяной и металлургической отраслях. Таким образом, с точки зрения технических средств (системы ПК + серверы различных отечественных и зарубежных производителей) и базового программного обеспечения (SCADA-системы + современные фирменные СУБД) имеются все возможности для создания отечественных конкурентоспособных систем АСУТП. Однако методологическая база значительно отстала. К сожалению, развилась практика создания АСУТП “по прототипу”, когда применяются новые технические средства и программное обеспечение, а *функциональные возможности АСУТП остаются на прежнем уровне* и разработчики, как правило, ограничиваются контролем отдельных параметров и локальным управлением отдельных механизмов производства.

Основные причины, сдерживающие комплексное внедрение SCADA-систем на промышленных объектах заключаются в отсутствии средств реализации автоматического управления процессами, трудностях в наращивании и интеграции этих систем с корпоративными системами управления и сложностях адаптации к реальным производственным условиям и алгоритмам [7–9].

### 1.3. Уровень управления основными фондами — MES

*Объект управления:* процессы обслуживания и развития основных производственных фондов, материальные потоки, склады, процессы инженерно-технологического сопровождения, процессы технического обслуживания и ремонта

*Типичные системы автоматизации:* планирование и заказ материалов, планирование загрузки оборудования (календарное планирование), инженерно-технологическое сопровождение производства (проектирование технологических карт, оснастки и инструмента, разработка программ ЧПУ и др.), техническое обслуживание и ремонт оборудования, складские системы, системы материально-технического снабжения и т. п.

В ретроспективе на этом уровне параллельно создавались и действовали следующие системы.

- Инженерно-технологического сопровождения производства: автоматизация проектирования технологической подготовки производства (САПР ТПП — у нас, CAD/CAM/CAE — за рубежом).
- Планирования потребности в материалах — MRP [10]. Суть концепции MRP состоит в минимизации издержек, связанных со складскими запасами и на различных участках производства. В основе этой концепции лежит понятие спецификации изделия (bill of material), которое позволяет увязать спрос на сырье, полуфабрикаты и прочее с планом выпуска готовой продукции (с учетом времени). Системы MRP предназначены для обеспечения наличия на складе необходимого количе-

ства требуемых материалов (комплектующих) в любой момент времени в рамках срока планирования. Программные системы, реализованные на базе MRP-методологии, позволили оптимально регулировать поставки комплектующих для производства продукции, контролировать складские запасы и саму технологию производства. С целью повышения эффективности планирования в конце 1970-х гг. в MRP-системах была реализована идея воспроизведения замкнутого цикла (Closed Loop Material Requirement Planning), подразумевающая составление производственной программы и ее контроль на цеховом уровне. Однако, в концепции MRP есть серьезный недостаток. При расчете потребности в материалах не учитываются производственные мощности, их загрузка, стоимость рабочей силы и др. Этот недостаток был устранен в системах следующего поколения — MRP II.

- Планирования производственных ресурсов (Manufactory Resource Planning), получившее название MRP II (вследствие идентичности аббревиатур), было разработано в США как стандарт и поддерживается Американским обществом по управлению производством и запасами — American Production and Inventory Control Society (APICS). Основная суть MRP II — концепции состоит в том, что прогнозирование, планирование и контроль производства осуществляется по всему жизненному циклу продукции, начиная от закупки сырья и заканчивая отгрузкой продукции потребителю.

В последнее десятилетие концепция MRP II трансформировалась в концепцию MES — класса систем, обеспечивающих коммуникационное и информационное обеспечение систем АСУТП и связывающих эти системы нижнего уровня с системами автоматизации организационных и финансовых подразделений [11]. Типовые функции MES:

- сбор и хранение информации от разных АСУТП о ходе производства;
- мониторинг производственных процессов и их корректировка;
- анализ текущей производительности и сравнение её с плановой;
- контроль состояния и распределения всех производственных ресурсов;
- составление и отслеживание выполнения детального графика работы всего оборудования;
- анализ и управление качеством продукции;
- ведение документации и управление ею.

Собирая и обобщая данные, полученные от различных производственных систем и технологических линий (нижний уровень пирамиды), MES выводит на более высокий уровень организацию всей производственной деятельности, начиная от формирования производственного заказа и до отгрузки готовой продукции на склады. В результате применения MES должны быть реализованы:

- оперативное получение информации о текущих результатах деятельности предприятия как в целом, так и с полной детализацией по отдельным заказам, видам ресурсов, выполнению планов;
- долгосрочное, оперативное и детальное планирование деятельности предприятия с возможностью кор-

ректировки плановых данных на основе оперативной информации;

— оптимизация производственных и материальных потоков со значительным сокращением непроизводственных затрат и реальным сокращением материальных ресурсов на складах.

В соответствии с современными требованиями MES должна, помимо ядра, включать в себя следующие модули: управления логистическими цепочками SCM (ранее — DRP, Distribution Resource Planning); усовершенствованного планирования и составления производственных графиков APS (Advanced Planning and Scheduling); управления взаимоотношениями с клиентами — CRM (ранее назывался модулем автоматизации продаж — Sales Force Automation); управления данными об изделии PDM (Product Data Management); окончательного (детализированного) планирования ресурсов FRP (Finite Resource Planning). Отметим, что в конце 1990-х гг. был разработан также стандарт CSRP (Customer Synchronized Resource Planning), который охватывает взаимодействие предприятия с клиентами: оформление наряд-заказа, техническое задание, поддержку клиентов и др. Если стандарты MRP/MRP II/MES/ERP ориентированы только на внутреннюю организацию предприятия, то в стандарт CSRP включен полный цикл жизненного цикла изделия: от его проектирования с учетом требований заказчика до гарантийного и сервисного обслуживания после продажи.

#### 1.4. Уровень управления предприятием — ERP-системы

*Объект управления:* кадровые, финансовые, хозяйственные ресурсы и потоки на предприятии.

*Типичные системы автоматизации:* управление финансами (ведение Главной книги, расчеты с дебиторами и кредиторами, учет основных средств, управление наличными средствами, планирование финансовой деятельности и др.); планирование продаж и производства; управление спросом; укрупненное планирование мощностей; основной план производства (план-график выпуска продукции); укрупненное планирование потребностей в материалах; управление закупками, запасами, продажами; управление затратами (учет всех затрат предприятия и калькуляция себестоимости готовой продукции или услуг); управление кадрами; управление проектами (программами); стратегическое планирование развитием предприятия.

Системы этого уровня у нас получили название АСУ; за рубежом современное название — системы планирования ресурсов предприятий — ERP (Enterprise Resource Planning). Иногда также встречается термин “планирование ресурсов в масштабах предприятия” (Enterprise-wide Resource Planning). Системы ERP предназначены для управления всей финансовой и хозяйственной деятельностью предприятия. Они используются для оперативного предоставления руководству предприятия информации, необходимой для принятия управленческих решений, а также для создания инфраструктуры электронного обмена данными предприятия с поставщиками и потребителями.

В основе ERP-систем лежит принцип создания единого хранилища (репозитория) данных — финансовой информации, производственных данных, данных по персоналу и др. Наличие такого корпоративного репозитория устраняет необходимость в передаче данных от одной системы к другой (например, от производственной системы к финансовой), а также обеспечивает одновременный доступ к информации любого числа сотрудников предприятия (обладающих соответствующими полномочиями).

Существует немало определений ERP-систем. Одно из них (наиболее популярное в последнее время): *ERP-система — это набор приложений, позволяющих создать ИУС для автоматизации планирования, учета, контроля и анализа всех основных бизнес-процессов предприятия.* Принято считать, что ИУС предприятия состоит из ERP, электронного документооборота, информационной поддержки предметных областей, коммуникации, поддержки коллективной работы сотрудников, оперативного анализа информации и поддержки принятия решений, управления проектами, а также встроенных инструментальных средств и других продуктов (например, CAD/CAM/CAE/PDM-систем, системы управления персоналом и др.). Основой ИУС предприятия являются именно ERP-системы. Кроме того, для ERP-систем практически обязательно наличие возможности электронного обмена данными с другими приложениями, а также моделирования ряда ситуаций, связанных, в первую очередь, с планированием и прогнозированием. Распространенные на рынке СНГ системы типа ERP: SAP-3, BAAN, Ахapta, Галактика, ПАРУС, ВОСС.

Система ERP отличается от MES в основном тем, что ориентирована на планирование выполнения заказов, т. е. отвечает на вопрос: когда и сколько продукции должно быть произведено? MES фокусируется на вопросе: как в действительности производится продукция? Она оперирует более точной информацией о производственных процессах.

В последнее время возрос интерес к еще одной важной подсистеме MES — системе управления техническим обслуживанием и ремонтом оборудования — ТОРО (аналог EAM). Это характерно для всех типов производств, но особенно проявляется в производствах с потенциально опасными технологическими процессами [12].

## 2. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ И РЕМОНТ

Итак, основная цель внедрения на предприятии информационной системы EAM — автоматизация процесса управления технической эксплуатацией оборудования. Для большинства российских предприятий уровень организации технического обслуживания и ремонта, а также уровень информатизации и автоматизации может быть существенно повышен применением передовых методов ТОРО на базе внедрения EAM-систем и тем самым снизить затраты на техническую эксплуатацию в среднем на 10–30 %.

Областью применения информационной системы управления основными фондами становятся все под-

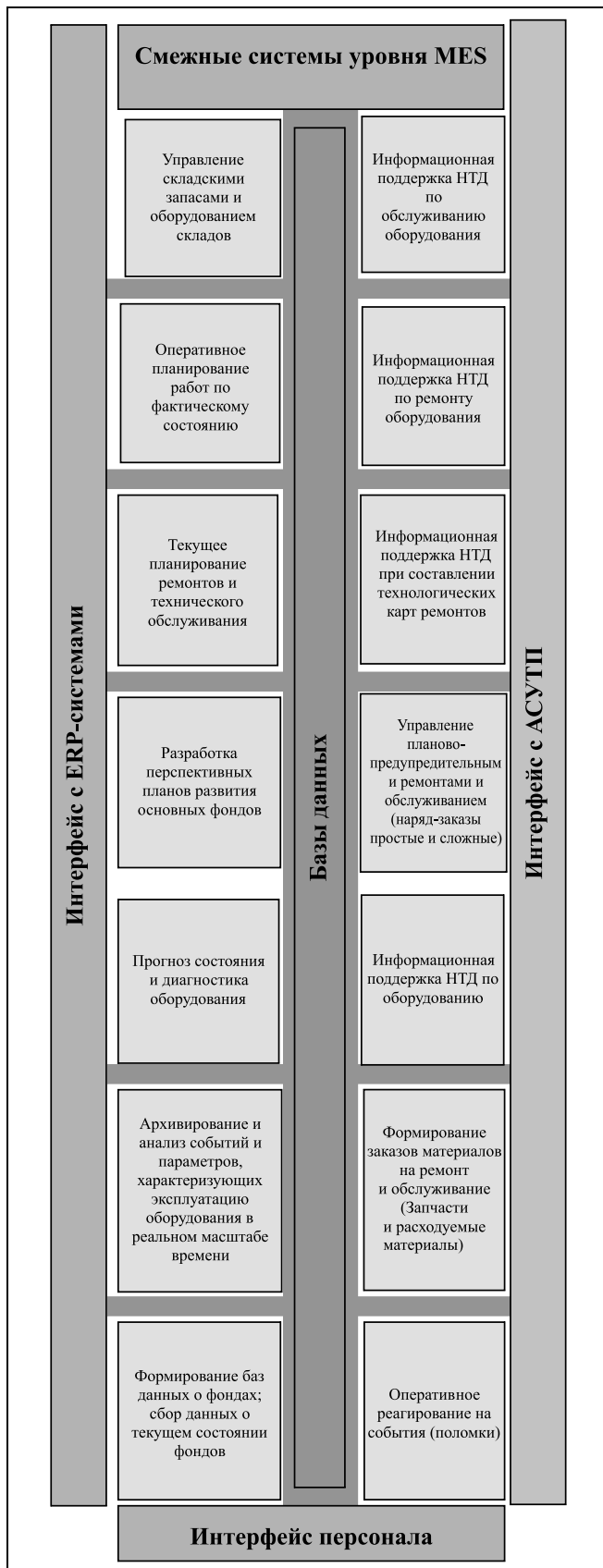


Рис. 2. Функциональность обобщенной ЕАМ-системы

разделения предприятия, отвечающие за эксплуатацию технологических систем и оборудования, непосредственные исполнители работ по ТОРО; подразделения, обеспечивающие поставку необходимых материалов, оборудования и запчастей.

### 2.1. Назначение и функции ЕАМ-систем

Основная задача, возлагаемая на ЕАМ-систему, — поддержание оборудования в работоспособном состоянии, что достигается с помощью своевременной профилактики и готовности выполнить ремонтные работы по возникшему событию в реальном времени (“на лету”, не тратя время на ожидание закупки запасных частей).

*Назначение ЕАМ-систем:* контроль и управление техническим состоянием основных фондов предприятия.

*Цель создания ЕАМ-систем:* обеспечение работоспособного состояния и развития основных фондов в соответствии со стратегией развития предприятия.

Цель достигается выполнением следующих функций:

- мониторинг состояния и ведение базы данных по оборудованию, событиям, ремонтам, обслуживанию;
- планирование профилактических и ремонтных работ;
- контроль и управление ТОРО-работ, сбор статистики для дальнейшего планирования;
- управление материально-техническим снабжением и складами;
- информационная поддержка НТД и технологических карт ремонтов.

Перечисленные функции реализуются путем решения типовых задач подсистемами, входящими в структуру ЕАМ-системы (рис. 2). Ядро ЕАМ-системы составляют базы данных, содержащие информацию о состоянии оборудования, времени работы объекта между профилактиками, отработанным им времени, износе оборудования и др., откуда вычисляются и сроки следующей профилактики. Информация собирается как вручную, так и от SCADA-систем (через интерфейс с уровнем АСУТП, см. рис. 2). Дополнительно базы данных ЕАМ-системы могут включать в себя нормативную и техническую документацию, нужную техническому персоналу для работы; статистические данные о проведенных работах, полезные для планирования таких работ в будущем.

На основе мониторинга баз данных планируются профилактические и ремонтные работы, формируются наряды на соответствующие работы по плану или по событию, прогнозируются потребности в материально-техническом снабжении и, более того, самостоятельно формируются счета на закупки. Грамотная реализация этой функции осуществляется с помощью интеграции с системами более высокого уровня — ERP (через интерфейс с уровнем ERP, см. рис. 2).

Проведение работ необходимо контролировать, вплоть до ручного фиксирования выполнения непосредственно в самой ЕАМ-системе, а также собирать статистику о времени выполнения работ, которая позже может оказаться полезной для планирования.

Кроме того, сама ЕАМ-система — это инструмент, с помощью которого руководство может получать дополнительную детальную информацию о затратах на ре-

монты (через интерфейс с персоналом и смежными системами, см. рис. 2).

*Экономическая эффективность.* Выполненный в 1998 г. корпорацией “Technology for Energy” анализ работы более чем 500 предприятий в энергетике США и Европы показал, что применение EAM-систем с диагностическим мониторингом приводит к снижению:

- затрат на ремонт оборудования до 50–80 %,
- расходов на техническое сопровождение до 50–80 %,
- объёмов материально-производственных запасов до 30 %,
- повышению рентабельности производства до 20–60 % [13, 14].

## 2.2. EAM-системы, популярные на рынке СНГ

Известно достаточно много программных инструментов для построения системы управления основными фондами (EAM-системы) на предприятии. Примером отечественных разработок служат TRIM-QM (НПП

“СпецТек”) [15], АСУ ПТО (“ЭнТехЭко”) [14], одноименный продукт компании “ПАРУС” [16]. Из зарубежных инструментов можно привести следующие: IFS Applications (IFS) [15], iMaint (“DP Solutions, Inc.”) [16], Trace Mode (“AdAstra Research Group, Ltd”) [17], одноименный продукт компании “Datastream” [18], Mincom Ellipse (“Mincom, Ltd”) [19], Avantis. Pro (“Invensys Avantis”) [20], Maximo5 (“MRO Software”) [21], ЭП-ремонт скважин. Системы автоматизации управления ремонтом можно классифицировать на два типа: системы, ориентированные на определенный тип оборудования (например, ЭП-ремонт скважин (СИБИНТЕК), и системы универсального типа, ориентированные больше на функции, чем на оборудование (например, Avantis. Pro). В настоящей работе рассматриваются четыре наиболее популярных продукта среди отечественных и зарубежных разработок: АСУ ПТО, ПАРУС, Avantis. Pro, Maximo5, в большей степени относящиеся к типу универсальных.

Сравнительная таблица инструментов EAM

Инструмент, разработчик	АСУ ПТО, “ЭнТехЭко”	Avantis.Pro, “Invensys Avantis”	Maximo <sup>1</sup> MRO Software	ПАРУС, Парус
Дистрибьютор в России, Web-сайт	“ЭнТехЭко”, г. Харьков www.entecheko.ru	“PLC-system”, г. Москва www.plcsystems.ru	“АйТи”, г. Москва www.it.ru	ПАРУС, г. Москва www.parus.ru
БД состояния оборудования	+	+	–	~
БД документации	+	+	+	+
БД нормативов	+	+	+	+
Способ обслуживания:				
профилактика	+	+	+	+
по событию	+	+	+	+
Способ занесения исходных данных	Вручную	Вручную, с помощью шаблонов		Вручную
Интеграция с АСУТП	~	+	~	+
Интеграция с ERP	–	SAP R/3, Baan, Microsoft Axapta, Oracle Applications	На основе MEA с: SAP, Oracle Financials	–
Оптимизация склада	~	+	+	~
Поддержка ISO 9001:2000	+	~	~	~
Ведение истории ремонтов	+	+	+	~
Возможность работы в условиях территориальной распределенности	+	+	~	~
Пакет планирования ремонтов и профилактики	MSProject Primavera		MSProject	ПАРУС
Композитные наряды	~	+	+	~
Разграничение прав пользователей	+	+	+	+
Поддержка работы пользователей через Web-интерфейс	~	+	+	+
Технические требования серверной части инструмента	Linux/Unix Windows NT/2000 Server	~	СУБД Oracle, Sybase, SQL Server	Win 9x/2k/XP СУБД Oracle
Технические требования клиентской части инструмента	Windows 95/98/NT/Me/2000/XP	Windows Me/2000/XP	SQL Windows	Win 9x/2k/XP
<sup>1</sup> Приведены характеристики пятой версии системы Maximo. Примечание: «+» — наличие характеристики у инструмента, «–» — её отсутствие, «~» — отсутствие данных.				



Перечисленные инструменты сравнивались по следующим критериям:

- наличие технико-экономических нормативов на ремонтные работы;
- наличие норм времени на ремонтные работы;
- наличие карт технологических (ремонтных) процессов;
- отображение состояния оборудования;
- наличие проектной технологической документации;
- наличие конструкторской документации;
- возможность планирования системой своевременной профилактики и обеспечения авральной работы по событию;
- способ занесения исходных данных об имеющемся оборудовании и его характеристиках при внедрении системы (возможны два варианта: ручное заполнение базы данных операторами, или сбор информации от SCADA-системы);
- возможность интеграции с существующими АСУТП (немаловажная характеристика, показывающая насколько подробно ЕАМ-система будет отражать состояние оборудования);
- возможность интеграции с существующими ERP-системами (т. е., возможность взаимодействия не только по вертикали, но и по горизонтали);
- возможность оптимизациикупаемых активов на складе, позволяющая оптимально планировать объемы закупок — избежать приобретения одних комплектующих в ущерб другим;
- поддержка ЕАМ-системой стандарта ISO 9001:2000;
- поддержка журнала ремонтов и профилактики оборудования для сбора статистики и выявления закономерностей, а через них и причин поломок;
- возможность работы в условиях территориальной распределенности, поддержка ГИС (гео-информационных систем);
- использование для планирования ремонтов внутреннего программного модуля или внешней информационной системы (какой именно);
- поддержка композитных (составных) нарядов;
- возможность разграничения прав пользователей (наличие системы безопасности);
- поддержка работы пользователей через Web-интерфейс (подача заявок, контроль за ходом работ);
- технические требования и необходимая платформа для клиента/сервера.

В приведенном списке первые шесть критериев характеризуют такую важную часть любой информационной системы, как ведение баз данных. В случае ЕАМ-системы, базы данных содержат информацию о паспортизации (данные о существующем оборудовании).

Результаты сравнения программного обеспечения приведены в таблице.

Рассмотрим некоторые ЕАМ-системы подробнее.

### 3. ЕАМ-СИСТЕМЫ

**Автоматизированная система управления РТО** позволяет автоматизировать процессы управления ремонтно-техническим обслуживанием предприятия, повышения его эффективности и оперативности. Это дости-

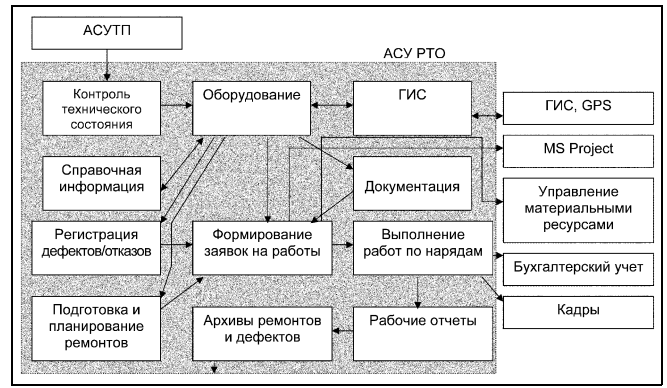


Рис. 3. Схема взаимодействия модулей АСУ РТО

гается путем мониторинга состояния оборудования, планирования, контроля и анализа хода выполнения технического обслуживания и ремонтов оборудования, предварительного расчета и минимизации финансовых, материальных и людских ресурсов. Схема взаимодействия модулей системы показана на рис. 3.

Возможности системы позволяют перейти к прогрессивной профилактической (а не корректирующей) схеме ремонтного обслуживания. Тем самым повышается надежность и стабильность работы оборудования, сокращаются затраты на проведение ремонтов, увеличивается сумма чистой прибыли и повышается рентабельность производства.

Данная компьютерная система разработана с учетом опыта функционирования западных аналогов (систем SAP R3, Германия, IFS, Швеция, M.I.S. (ANSALDO), Италия), решающих задачи управления ремонтами с учетом состояния оборудования и реализованных на современных моделях управления.

Система качества разработки и внедрения АСУ компании «ЭнТехЭко» сертифицирована в соответствии с требованиями международного стандарта ISO 9001:2000 (ДСТУ ISO 9001—2001).

**Система Avantis** представляет собой композитную систему, состоящую из следующих модулей.

*Avantis. Pro* — информационно-управляющая система класса ЕАМ, представляющая интерес для предприятий, столкнувшихся с задачами оптимизации управления производственными фондами и (или) инфраструктурными объектами, уменьшения времени простоев оборудования, увеличения срока эксплуатации основных фондов, а также повышения эффективности управления материально-техническим снабжением.

*Avantis. CM* — программный продукт, входящий в продуктовую линейку Avantis и построенный на базе запатентованной высокоэффективной технологии мониторинга состояния оборудования. Применяемая технология предсказания и прогнозирования позволяет преобразовать огромные объемы данных цехового уровня, поступающие в режиме реального времени, в информацию о состоянии критически важного оборудования.

*Avantis. DMM* — программный продукт, обеспечивающий доступ к критически важной информации цехового уровня лицам, принимающим управленческие



решения и ответственным за рентабельность и доходность бизнеса. Модуль автоматически отслеживает и анализирует состояние цехового оборудования, обеспечивая интеграционную целостность между данными реального времени и корпоративной системой управления основными фондами.

При появлении первых признаков о деградации оборудования, модуль Avantis. DMM инициирует мобилизацию специалистов по техническому обслуживанию, а также резервирование необходимых запасных частей в упреждающем режиме, т. е. до момента поломки.

**Система Maximo** на первом этапе внедрения помогает:

- инвентаризации активов, фондов, складских запасов, техники и инструментов и упорядочению их учета;
- формированию библиотеки типовых работ с указанием потребностей в определенных материалах, людских ресурсах, необходимости выполнения тех или иных операций, связанных с повышенной опасностью или отключением оборудования;
- упорядочению деятельности по регулярным осмотрам, текущему планированию ремонтных работ и управлению ресурсами;
- автоматизированию процесса определения потребностей в запасных частях, инструментах и материалах;
- обеспечению прозрачного обоснования стоимости работ и потребности в ресурсах, облегчающего получение средств.

По мере накопления статистической информации, формируемой при решении базовых задач, система позволяет с возрастающей точностью осуществлять стратегическое планирование ремонтов и решать задачи более высокого уровня:

- планировать профилактические работы, исходя из накопленной статистики износа и отказов оборудования, обеспечивая опережающее устранение неисправностей;
- передвигать и объединять работы, сокращая время простоев ремонтируемых активов;
- сокращать складские запасы;
- стратегически планировать работы и закупочную деятельность, сокращая время простоя ресурсов (людей и техники) и добиваясь выгодных ценовых предложений за счет консолидации закупок;
- принимать обоснованные стратегические решения при планировании приобретения и списания активов.

К сильным сторонам продукта можно также отнести мощную и гибкую подсистему документооборота (workflow), поддерживающую описание бизнес-процессов в графическом виде; многоуровневые утверждения; отслеживание параметров производительности; импорт существующих описаний бизнес-процессов, созданных клиентом в IDS Scheeg ARIS и других системах для последующей автоматизации этих процессов в системе Maximo и многие другие возможности; систему, позволяющую измерять и анализировать эффективность операций по обслуживанию и производительности производственных активов предприятия на основании операционных данных, накопленных в других модулях системы; поддержку технологии OLAP, представляющую информацию в виде многомерных кубов, которые пользователь может анализировать в различных аспек-

тах и проекциях; презентацию при помощи различных интуитивно воспринимаемых видов диаграмм; “погружение” в детальные данные (drill down); библиотеку предопределенных стандартных кубов, включающую в себя анализ сбоев, прогнозы по материалам, эффективность поставщиков, анализ складских запасов, работ, трудозатрат; многие другие возможности.

**Корпорация “ПАРУС”** предлагает комплексные решения для автоматизации финансово-управленческой деятельности крупных предприятий, работающих в различных отраслях экономики.

Система управления ПАРУС изначально строилась как комплексная система автоматизации управления. Именно как комплексная и для автоматизации управления. Система характеризуется четким разграничением оперативно-управленческих и учетных задач при полной их интеграции на уровне единой базы данных.

В основу решений положен модульный принцип при взаимосвязи всех подсистем с единой базой данных, что обеспечивает возможность автоматизации полного цикла управления предприятием.

Модуль “Управление техническим обслуживанием и ремонтом оборудования” позволяет обеспечить взаимосвязанную работу автоматизированных рабочих мест (АРМ) специалистов на производственных объектах, в состав которых входит оборудование, подлежащее техническому обслуживанию и ремонту (подразделений управления главного механика, главного энергетика, главного метролога, капитального ремонта и др.).

Посредством АРМ осуществляется ввод, хранение, обработка и выдача данных, включающих в себя совокупность первичных и сводных технико-экономических показателей.

Модуль обеспечивает взаимосвязь процессов планирования, учета и анализа технического обслуживания и ремонта оборудования. Объектами ремонта могут быть как автономные, так и входящие в состав технологических цепочек объекты предприятия.

Функциональность модуля состоит в следующем.

*Учет состава оборудования:* классификация технических объектов и их уровней структуры; ведение протокола замен составных частей объектов; расчет среднего значения срока службы (ресурса) составных частей объектов; составление отчетов.

*Учет времени работы (простоев) оборудования:* составление плана загрузки оборудования; регистрация и классификация простоев; определение времени работы (наработки) объектов; анализ простоев и расчет показателей; формирование отчетов о простоях.

*Оценка технического состояния оборудования:* составление списка объектов, подлежащих диагностированию; формирование для диагностируемых составных частей объектов перечня диагностических параметров и определение регламента диагностирования; составление графика диагностирования составных частей объектов; регистрация предельных значений диагностических параметров, поврежденных; фиксация текущих данных индивидуального и комплексного диагностирования; расчет степени повреждения (состояния) составных частей объекта, в том числе и заменяемых при плановых ремонтах; расчет полного и остаточного ресурсов состав-

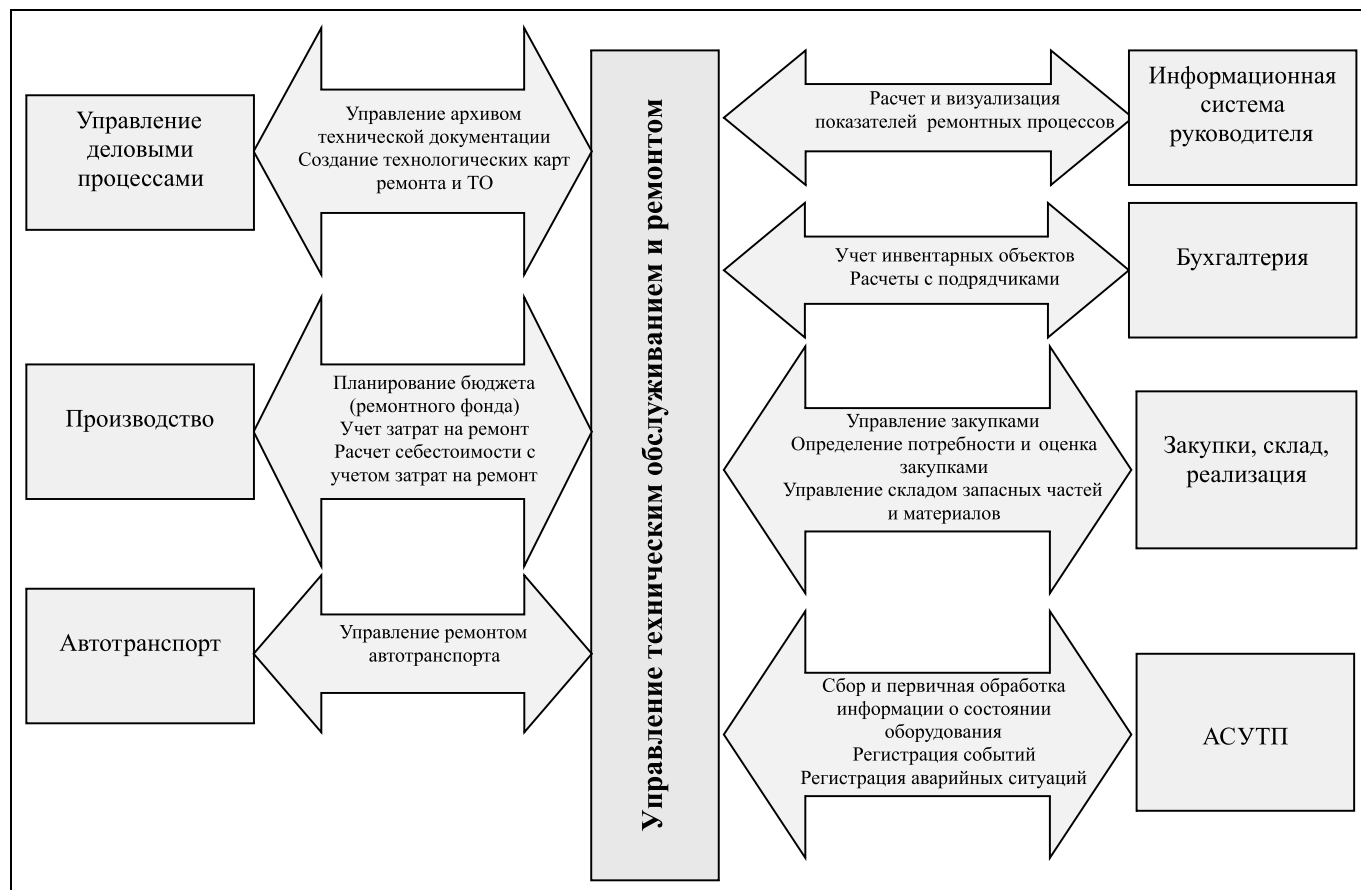


Рис. 4. Схема взаимодействия модулей в системе ПАРУС

ных частей объекта по данным измерений диагностического параметра; построение графиков изменения диагностических параметров; оценка состояния объекта по результатам комплексного диагностирования.

**Контроль эксплуатации производственного оборудования:** регистрация повреждений и отказов в межремонтный период; анализ повреждений и отказов в межремонтный период.

**Планирование ремонтов и технического обслуживания:** формирование списков объектов, подлежащих ремонтам и техническому обслуживанию (ТО); планирование периодичности технических ремонтов (ТР) отдельных объектов (планирование первого порядка); планирование периодичности ТО по составным частям объекта (планирование первого порядка); планирование ТР — составление графиков ремонтов комплекса объектов (планирование второго порядка); планирование ТО — составление графиков ТО комплекса объектов (планирование второго порядка) для всех видов объектов.

**Формирование технической документации:** планирование работ ТР (составление ремонтных ведомостей); составление или подбор технологических карт ремонтов и ТО; составление ведомости расхода запасных частей и материалов по выполненным ремонтам; составление заданий на ТО.

При обеспечении запасными частями и материалами оцениваются запасы и определяется потребность в них. Осуществляются ведение базы данных запасных частей и материалов; определение потребности в запасных частях и материалах на планируемый период; составление, регистрация и обработка заказов; оценка размера и оптимального уровня нормы запаса; управление закупками; учёт заказов на закупку и производство; учёт договоров с поставщиками; управление складом запасных частей и материалов; ведение базы данных складских мест хранения изделий и материалов; регистрация поступления и выдачи изделий и материалов; формирование отчетов о текущем наличии изделий и материалов; регистрация фактического расхода запасных частей и материалов.

**Планирование и учет затрат:** планирование бюджета (ремонтного фонда); учет затрат; составление отчетов о затратах по заданным критериям.

**Управление технической документацией (архивом):** учет документов по объектам; учет документов по местам хранения; учет выдачи и возврата документов; поиск документов по их параметрам; подборка документов по заданным критериям; формирование отчетов.

На рис. 4 представлено взаимодействие модуля “Управление техническим обслуживанием и ремонтом оборудования” со смежными системами и персоналом.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Как уже отмечалось во Введении, интерес к ЕАМ-системам особенно проявляется в производствах с потенциально опасными технологическими процессами, что вызвано, на наш взгляд, следующими причинами:

- своевременно и качественно проведенное техническое обслуживание и ремонт обеспечивает проектную надежность оборудования, а, следовательно, и расчетную безопасность производства;
- технология ликвидации нештатных и аварийных ситуаций для потенциально опасных технологических процессов аналогична технологии техобслуживания и ремонта [12].

Проведение анализа позволяет отметить сильные и слабые стороны современных инструментов для построения ЕАМ-систем именно с точки зрения их применения в системах управления технологической безопасностью в производствах с потенциально опасными технологическими процессами. Приведем сильные стороны этих инструментов.

Открытость для других информационных систем позволяет создавать информационную систему уровня предприятия на основе комбинирования различных программных продуктов. Эта характеристика из рассматриваемых инструментов оказалась присуща зарубежным продуктам *Avantis. Pro* и *Maximo*. Отечественная система ПАРУС представляет собой информационную систему уровня предприятия и модуль управления ремонтами является ее составляющей.

На полноту и своевременность хранимой информации об оборудовании, а соответственно и скорость реагирования на внезапные события и целостность планируемых ремонтов влияет открытость ЕАМ-системы к уровню АСУТП на предприятии. Эта характеристика оказалась присуща системам *Avantis. Pro* и ПАРУС.

Номенклатура хранимых данных по оборудованию (паспортизация) полезна для планирования и проведения ремонтов. Соответствующим модулем ведения базы паспортных данных обладают практически все рассмотренные системы.

Географическая рассредоточенность организаций и современные технические возможности информационных систем накладывают свои ограничения, исходя из этого, важным критерием считается поддержка web-интерфейса и возможности работы через Интернет. Инструменты *Avantis.Pro*, *Maximo* и ПАРУС обладают такой возможностью.

К слабым сторонам можно отнести отсутствие у всех рассмотренных инструментов анализа состояния оборудования на определенный момент в будущем, возможность планирования ремонтов и обслуживания на основе собранной статистики по ремонтам оборудования. Еще одним недостатком всех рассмотренных систем яв-

ляются бедные возможности в части задания и контроля исполнения сложных последовательных многооперационных ремонтов, что особенно важно для проведения работ типа ликвидации последствий аварий в производствах с потенциально опасными технологическими процессами.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *О единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций* // Постановление Правительства РФ от 30 декабря 2003 г. — № 794.
2. *Амбарцумян А. А., Воронин Б. Н.* СПАС — система предупреждения аварийных ситуаций для объектов с потенциально опасной технологией (методологические основы) // Труды конференции по САПР / Ин-т пробл. упр. — М., 2005.
3. *Труды сессии АН СССР по научным проблемам автоматизации производства.* — М.: Изд-во АН СССР, 1957.
4. *Энциклопедия современной техники. Автоматизация производства и промышленная электроника.* — М.: Советская энциклопедия, 1962.
5. [www.scada.ru](http://www.scada.ru)
6. [www.gefanuautomation.com](http://www.gefanuautomation.com)
7. *Прангишвили И. В., Амбарцумян А. А.* Научные основы построения АСУТП сложными энергетическими системами. — М.: Наука, 1992.
8. *Прангишвили И. В., Амбарцумян А. А.* Основы построения АСУ сложными технологическими процессами. — М.: Энергоатомиздат, 1994.
9. *Состояние уровня автоматизации энергетических объектов и системотехнические решения, направленные на его повышение* / И. В. Прангишвили, А. А. Амбарцумян, А. Г. Поляткин и др. // Проблемы управления. — 2003. — № 2. — С. 11–26.
10. [www.citforum.ru/consulting/ERP/](http://www.citforum.ru/consulting/ERP/)
11. [www.mesa.ru](http://www.mesa.ru)
12. *Амбарцумян А. А., Воронин Б. Н.* СПАС — система предупреждения аварийных ситуаций для объектов с потенциально опасной технологией (методологические основы) // Труды конференции по САПР / Ин-т пробл. упр. — М., 2005.
13. *Tinham B.* Power to the People // Control and Instrumentation. — 1999. — № 2. — P. 33–47.
14. <http://www.rto.entecheco.com/>
15. [www.trim.ru](http://www.trim.ru)
16. [www.parus.ru](http://www.parus.ru)
17. [www.adastra.ru](http://www.adastra.ru)
18. [www.datastream.net](http://www.datastream.net)
19. [www.mincom.com](http://www.mincom.com)
20. [www.plcsystems.ru](http://www.plcsystems.ru)
21. [www.maximo.com](http://www.maximo.com)
22. *Назаренко Ю., Мугалев И.* Автоматизация бизнес-процессов управления ремонтом скважин // Технологии ТЭК. И.: Нефть и Капитал. — 2003. — № 2.

☎ (095) 334-87-89

E-mail: [ambar@ipu.ru](mailto:ambar@ipu.ru)

