

ОРГАНИЗАЦИЯ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИМИ АКТИВАМИ

А.Ю. Молчанов (НПП «СпецТек»)

Задача эффективного управления физическими активами актуальна для большинства промышленных предприятий. При этом специфика самого объекта управления определяет конфигурацию информационной системы управления физическими активами – эта система должна использовать технологии распределенных вычислений. Представлен обзор соответствующих технологий, применяемых в таких системах.

Ключевые слова: управление физическими активами, EAM, мобильные решения, распределенные вычисления.

Наиболее эффективно задачи управления физическими активами решаются в рамках процессного подхода. Можно выделить следующие основные процессы управления физическими активами организации [1]:

- ведение нормативно-справочной информации по активам;
- ведение эксплуатационной и ремонтной документации;
- формирование и сопровождение базы данных по активам;
- ведение информации о персонале, задействованном в управлении активами;
- оценка и прогнозирование технического состояния активов;
- выбор и пересмотр стратегий обслуживания активов;
- планирование работ и необходимых ресурсов;
- формирование плановых потребностей в материально-технических ресурсах (МТР);
- обеспечение потребностей в МТР;
- обеспечение безопасных условий выполнения работ;
- ведение и обработка заявок на внеплановые работы по дефектам и отказам;
- организация выполнения и учета работ;
- измерение и анализ целевых показателей процессов, принятие решений.

Выполнение этих процессов предполагает цикличность и наличие множества обратных связей с целью постоянного улучшения в управлении активами. Конечной целью управления физическими активами является нахождение оптимального баланса производительности, затрат и рисков, связанных с активами [2].

Участники указанных процессов находятся в разных подразделениях (в цехах, в диспетчерском пункте управления, на складах), на разных уровнях иерархии управления, выполняют разные функции (финансовые, производственные, ремонтные). При этом их деятельность в области управления физическими активами должна быть направлена на достижение единых целей и взаимно согласована.

Информационная система, которая обеспечивает поддержку этих процессов, должна охватывать всю распределенную структуру предприятия, включая удаленные филиалы, дочерние, зависимые и иные организации, в том числе независимые сервисные компании, которые совместно участвуют в управлении одними и теми же физическими активами.

Для эффективного управления физическими активами информационная система не может существовать вне рамок информационной среды предприятия и окружающего мира. Она обязательно так или иначе должна взаимодействовать с другими информационными системами. Например, она должна взаимодействовать с АСУТП, с различными системами аналитики, с системами технической диагностики и т. д. [3].

В этих условиях построение современной информационной системы управления физическими активами невозможно без распределенных вычислений. Возможность реализации сложных компьютеризированных систем на базе одного вычислителя давно ушла в прошлое.

Технологии on-line

Основу информационной системы управления физическими активами, как правило, составляет ПО класса EAM (Enterprise Assets Management) или ERP

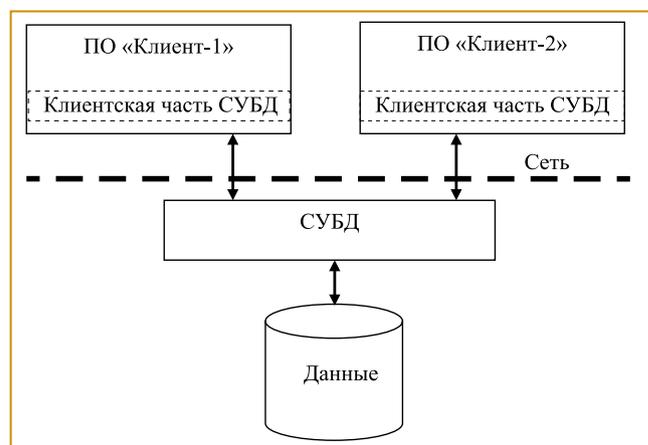


Рис. 1. Схема организации распределенных вычислений на основе технологии «клиент-сервер»

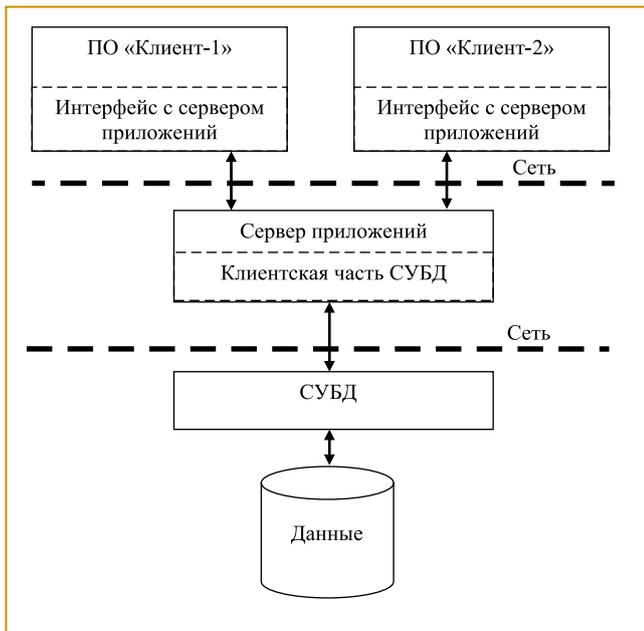


Рис. 2. Схема организации распределенных вычислений на основе многоуровневой технологии

(Enterprise Resource Planning). На российском рынке существует множество предложений такого ПО [4].

Существуют различные технологии организации распределенных вычислений, каждая из которых имеет свои преимущества и недостатки [5]. Современные информационные системы классов EAM и ERP, как правило, основаны на двух наиболее распространенных технологиях:

- «клиент-сервер», которая предполагает наличие в составе информационной системы сервера данных и множества клиентских мест («толстых клиентов»), взаимодействующих с сервером. Как правило, сервер

данных строится на основе системы управления базами данных — СУБД (рис. 1).

- многоуровневая, при использовании которой в составе системы выделяется не только сервер данных, но и один или несколько серверов приложений, а также произвольное число клиентских рабочих мест («тонкие клиенты»). Клиентские места взаимодействуют в основном с серверами приложений, которые в свою очередь уже обмениваются данными с сервером данных (рис. 2).

Остальные варианты организации распределенных вычислений (в том числе файловые и терминальные сервера) хотя и используются, но являются в основном вспомогательными средствами. Они не определяют принципиальные возможности технологий распределенных вычислений, однако зачастую их использование весьма полезно и может существенно повысить эффективность и доступность информационной системы.

Технология «клиент-сервер» появилась на рынке информационных систем раньше, и именно она в свое время стала основой первых систем классов EAM и ERP. Многоуровневая технология вышла в свет существенно позже, она была ориентирована на то, чтобы избавить информационные системы от ряда недостатков, присущих «клиент-серверной» схеме. Постепенно многоуровневая технология заменяет технологию «клиент-сервер» в информационных системах, но сложность разработки информационных систем такого уровня, а также длительность их внедрения не дают сделать переход к более совершенной технологии одномоментным. Хотя многоуровневая технология организации распределенных вычислений в ближайшей перспективе будет доминирующей, тем не менее, в тех нишах, где переход

к ней тормозится недостатком ресурсов, могут сохраниться «клиент-серверные» системы. Поэтому интересным представляется подход к построению информационных систем, при котором применяется комбинация клиент-серверной и многоуровневой модели, позволяющая использовать ту или иную модель (а равно и их сочетание) в зависимости от возможностей и потребностей заказчика.

Возможности и гибкость многоуровневой технологии существенно шире, чем технологии «клиент-сервер». Ее применение позволяет снизить требования к вычислительным ресурсам клиентских компьютеров и существенно расширить перечень операционных систем (ОС), под управлением которых могут

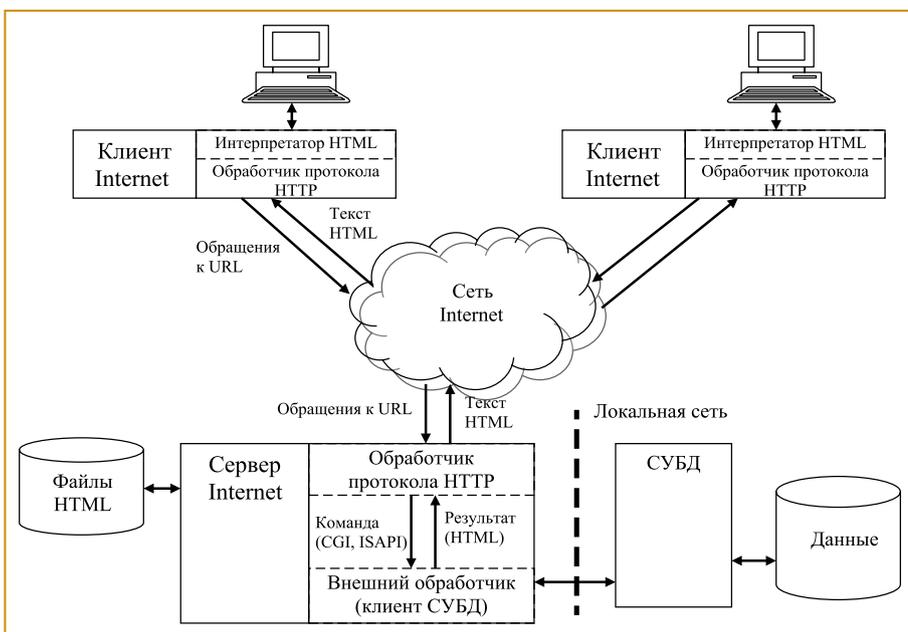


Рис. 3. Схема организации распределенных вычислений на основе многоуровневой технологии в глобальных сетях

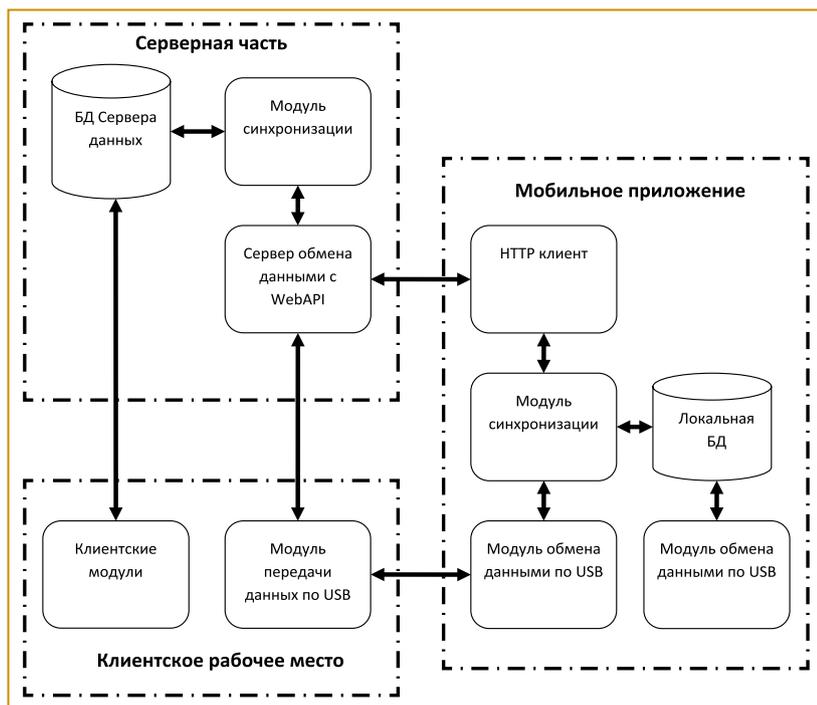


Рис. 4. Пример схемы организации распределенных вычислений с использованием мобильного приложения

функционировать клиентские рабочие места. В ряде случаев зависимость клиентских рабочих мест от типа используемых программно-аппаратных средств можно полностью исключить.

Именно гибкость многоуровневой технологии, а также появление и широкая доступность различных мобильных устройств сделали возможным использование более сложных схем организации распределенных вычислений (рис. 3). В этом случае в состав информационной системы входят не только сервер данных и серверы приложений, но и Internet-сервер, обеспечивающий возможность доступа в систему для практически неограниченного перечня всевозможных клиентских рабочих мест. В такой конфигурации для взаимодействия с информационной системой на клиентском рабочем месте достаточно наличия браузера.

Возможность подключения мобильных устройств позволяет существенно расширить перечень персонала, в том числе оперативного, непосредственно вовлеченного в процесс управления активами через информационную систему. Конечно, сложные производственные условия могут предъявлять дополнительные требования к мобильным устройствам, предполагая наличие соответствующего класса их защищенности. Это может увеличить стоимость таких устройств, но не делает невозможным их использование.

Перечисленные выше технологии предполагают наличие в сети предприятия некоторого числа серверов (компьютеров, которые в информационной системе предоставляют те или иные услуги) и клиентских рабочих мест (компьютеров и иных устройств, которые в информационной системе запрашивают

те или иные услуги и используют их). В качестве клиентских рабочих мест могут выступать стационарные компьютеры, мобильные компьютеры (ноутбуки и нетбуки), а также различные мобильные устройства (планшеты, смартфоны, в том числе защищенные).

Возможность подключения того или иного устройства в качестве рабочего места в систему определяется теми протоколами обмена данными, которые поддерживает ОС, установленная на данном устройстве. В настоящее время наиболее широко используемыми протоколами взаимодействия клиентских рабочих мест (в том числе и мобильных) с информационными системами являются протоколы HTTP (Hyper Text Transfer Protocol — протокол обмена гипертекстом и его защищенная версия HTTPS) и RDP (Remote Desktop Protocol — протокол удаленного рабочего стола). Первый из них обеспечивает Web-интерфейс и взаимодействие с Internet-сервером, второй — оконный интерфейс и взаимодействие с терминальным сервером. При использовании мобильных устройств в качестве рабочих мест могут возникать различные ограничения, связанные с удобством представления или отображения тех или иных данных, но при этом, как правило, не возникает принципиальных ограничений, запрещающих применение мобильного устройства в этом качестве.

Технологии off-line

Рассмотренная выше структура информационной системы предполагает наличие прямого (on-line) соединения клиентских рабочих мест с системой. То есть с какого бы клиентского места не осуществлялся доступ в систему, оно в данный момент должно быть включено в локальную сеть предприятия или глобальную сеть Internet.

Однако процессы управления физическими активами могут быть таковы, что их выполнение при прямом соединении с информационной системой невозможно. Это может быть связано с организационно-техническими или производственными ограничениями, вытекающими из особенностей производственного процесса или бизнеса, а также с текущим состоянием самих физических активов, которыми необходимо управлять.

Чаще всего это относится к процессам учета дефектов и отказов, а также учета выполнения работ и регистрации различных фактических данных и технических показателей, связанных с выполнением каждой работы. Эти процессы большей частью реализуются непосредственно в производственной зоне или в зоне обслуживания оборудования, где прямой доступ в ин-

формационную систему может быть невозможен или затруднен.

В этом случае требуется, чтобы информационная система поддерживала технологии организации распределенных вычислений, реализуемые без прямого соединения с серверной частью (off-line). Как правило, такой способ предполагает, что клиентское рабочее место все равно запрашивает услуги серверной части информационной системы, но делает это не в режиме реального времени. То есть любое клиентское рабочее место в таком режиме не выпадает из целостной системы и остается ее частью, но его взаимодействие с системой должно происходить на основе иных принципов, нежели в режиме прямого соединения.

В таком варианте организации распределенных вычислений многие программные продукты предлагают так называемые «мобильные решения», основанные на использовании персоналом носимых мобильных устройств, оснащенных соответствующим автономным ПО. Причем в случае регистрации дефектов и отказов речь идет не только об оперативном персонале, но и о любых участниках процессов управления активами, имеющих доступ в информационную систему, потому как дефект или отказ может быть обнаружен любым участником процесса, а не только теми, кто непосредственно задействован в оперативных мероприятиях.

Например, в EAM-системе TRIM [6] работа с мобильным решением организована следующим образом. Информационная система заранее подготавливает минимально необходимый набор исходных данных, достаточный для выполнения персоналом тех или иных функций с помощью мобильного устройства — ввод отчета о выполнении работы, регистрация технических параметров оборудования и т. д. Подготовленные данные предварительно (перед началом работ в зоне, где исключен прямой доступ в систему) выгружаются на носимое мобильное устройство, где должно быть установлено соответствующее автономное ПО.

С этим мобильным устройством оперативный персонал выполняет все действия в соответствии с регламентом своей работы, параллельно регистрируя в нем соответствующую информацию. При этом автономное ПО позволяет зарегистрировать дефект или отказ с помощью мобильного устройства и без предварительной подготовки исходных данных.

После завершения всех действий и регистрации данных на мобильном устройстве оперативный персонал должен обеспечить его повторное взаимодействие с информационной системой, чтобы накопленные данные были переданы в систему и обработаны в ней. Такая организация распределенных вычислений характерна для обходов или осмотров оборудования, которые выполняются оперативным персоналом по заданному в информационной системе графику (рис. 4).

Поскольку предполагается взаимодействие персонала с системой параллельно с выполнением своих

Для вычисления истинной стоимости не существует никакой формулы. Вы просто должны хорошо знать тот бизнес, в котором собираетесь покупать пакет акций.

Ж. Адамар

обязанностей или непосредственно в процессе их выполнения, интерфейс автономного ПО на мобильных устройствах должен быть максимально упрощен. Чаще всего речь идет об интерфейсе «одной кнопки», чтобы пользователь мог выполнять действия за одно-два нажатия на манипулятор или прикосновения к экрану без применения сложных процедур выбора и поиска.

Мобильные решения также развиваются в направлении автоматизации ввода данных, что позволяет минимизировать перечень выполняемых пользователем операций. Пример реализации — получение части данных непосредственно мобильным устройством с использованием геолокации, считывателей штрих-кодов и QR-кодов, а также меток RFID (Radio Frequency Identification — радиочастотная идентификация), размещаемых на оборудовании. Эти методы являются также дополнительными средствами контроля, позволяющими убедиться, что персонал реально выполнял действия с мобильным устройством, а не имитировал их выполнение.

Для взаимодействия мобильных устройств и установленных на них автономных приложений с основной информационной системой обычно используются простейшие и доступные способы обмена данными. Как правило, это беспроводной обмен данными по протоколу Wi-Fi либо проводное соединение через шину USB (Universal Serial Bus — универсальная последовательная шина).

Организация распределенных вычислений с применением мобильных устройств является достаточно эффективной, пока речь идет об относительно простых действиях персонала, которые могут быть обработаны автономным ПО на мобильном устройстве. Усложнение операций может привести к тому, что вычислительные мощности автономного мобильного устройства, а также состав и объем доступных данных станут недостаточными. И в данном случае ограниченность доступной вычислительной мощности является критичной, так как оперативность обработки данных принципиально важна, а ее отсутствие может сделать реализацию соответствующего процесса бессмысленной.

Кроме того, двусторонний обмен данными между информационной системой и мобильным устройством не происходит мгновенно и имеет некоторую временную задержку. Если этот интервал времени существенен по отношению к развивающимся процессам, часть ранее переданных и обработанных данных может потерять свою актуальность. Поэтому имеет смысл предусмотреть соответствующие процедуры

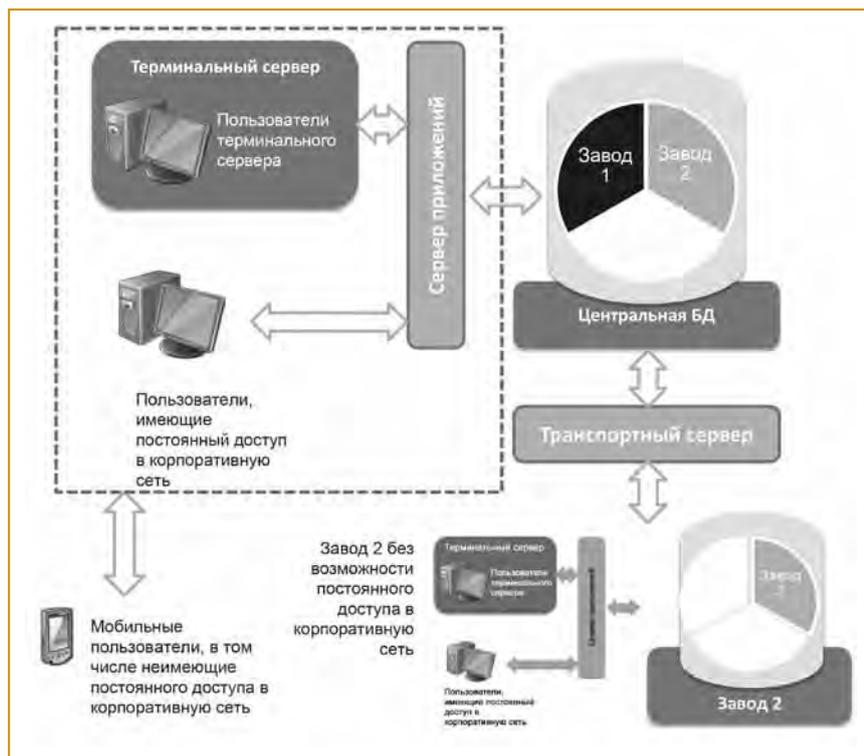


Рис. 5. Пример схемы организации распределенных вычислений в полномасштабной системе с использованием on-line и off-line соединений

контроля и коррекции данных в протоколе обмена данными между информационной системой и мобильным устройством.

Следует также заметить, что в наших реалиях автономные действия могут потребоваться не только отдельным оперативным бригадам, но и целым производственным участкам или филиалам, где комплекс решаемых задач может не уступать по масштабам задачам, решаемым центральной информационной системой. Кроме того, сам производственный процесс может предусматривать длительное автономное функционирование части физических активов, например, в судоходных компаниях судно, находящееся в плавании, не имеет прямой связи с офисом в режиме реального времени (или организация такой связи требует существенных материальных затрат). Тогда в состав такой автономной части информационной системы могут входить уже не только отдельные клиентские рабочие места, но целые блоки рабочих мест, имеющие свои серверы, с которыми они могут взаимодействовать в режиме реального времени (при этом, что остальная часть системы в режиме реального времени им не доступна). В такой конфигурации всю информационную систему можно представить как сеть взаимодействующих блоков — узлов, каждый из которых может представлять собой автономную информационную систему со сложной организацией распределенных вычислений. В тривиальном случае узел может представлять собой одно рабочее место, построенное на базе автономного стационарного или мобильного программного комплекса (рис. 5).

Тогда единая БД информационной системы включает не только БД одного (пусть даже и основного) узла, но объединяет все БД, располагающиеся на всех узлах в составе всей информационной системы. В этом случае можно говорить о распределенной БД. Пример реализации технологии распределенной БД мы видим в EAM-системе TRIM [6].

Потребность в использовании распределенной БД в условиях крупных промышленных предприятий отнюдь не редкость. Она может появиться, не только исходя из наличия или отсутствия каналов связи с достаточной пропускной способностью, которые могут обеспечить доступ к информационной системе в режиме реального времени. Еще одним из соображений к такому способу организации распределенных вычислений в сложной информационной системе являются вопросы надежности и безопасности: например, потеря канала прямой связи филиала с офисом не должна приводить к тому, что работа персонала филиала с информационной системой станет невозможной.

Кроме того, здесь могут возникать вопросы, связанные с производительностью: нередки ситуации, когда стоимость программно-аппаратного комплекса нескольких серверов, каждый из которых обслуживает пользователей своего узла в информационной системе, ниже стоимости одного единого сервера, который мог бы обслуживать весь состав пользователей системы.

Таким образом, современная информационная система управления физическими активами должна предполагать возможность организации распределенных вычислений без прямой связи в режиме реального времени. И в этом случае любая такая система должна предлагать не только мобильные решения, но и решения, рассчитанные на работу с распределенной БД. Выбор конфигурации используемой информационной системы должен выполнять заказчик, исходя из своих возможностей и потребностей, учитывая все имеющиеся у него производственные и организационно-технические условия.

При реализации информационных систем на основе распределенной БД встает вопрос о протоколе взаимодействия узлов системы и обмена данными между БД узлов. Такое взаимодействие должно быть организовано на нескольких основополагающих принципах. Во-первых, протокол обмена данными не должен зависеть от типа канала обмена данными между узлами, так как заранее не известно, какой способ обмена данными между ними будет доступен. Это может быть и канал прямого обмена данными

через глобальную или локальную сеть, обмен пакетами через электронную почту или файлами по одному из возможных протоколов (например, FTP — File Transfer Protocol, протокол передачи файлов). В предельном случае канал взаимодействия между узлами сети может полностью отсутствовать, тогда данные между ними должны передаваться путем прямого обмена сменными носителями данных. Во-вторых, объем данных, передаваемых на каждый узел сети, должен регулироваться потребностями этого узла и решаемыми на нем задачами. Такой подход призван исключить полное дублирование всех данных по всей сети, чтобы исключить замусоривание узловых БД ненужными данными и перегрузку каналов связи между узлами. Наконец, поскольку обмен данными предполагает ненулевые временные задержки между периодами обмена, должна быть предусмотрена процедура актуализации передаваемых и принимаемых данных с учетом времени и места их происхождения и маршрута передачи по всей сети.

Заключение

Таким образом, именно распределенные вычисления позволяют строить масштабные информационные системы управления физическими активами. Развитие технологий организации распределенных вычислений позволяет использовать мобильные платформы и максимально вовлекать оперативный персонал в процессы управления физическими активами.

Современные информационные системы управления физическими активами предлагают также организацию распределенных вычислений на базе мобильных решений для автономной работы персонала. Полномасштабные системы такого класса должны обладать также возможностью организации распределенной БД с автономными узлами в составе единой информационной системы.

Список литературы

1. Кац Б.А., Молчанов А.Ю. Управление производственными активами с помощью современных информационных технологий. Проблемы и решения // Автоматизация в промышленности. 2014. № 8. С. 39-45.
2. Иорш В.И. Преимущества хорошего управления активами // Генеральный директор. Управление промышленным предприятием. 2015. №4. С. 18-25.
3. Кац Б.А. Взаимодействие информационной системы ТООП с другими АСУ предприятия // Автоматизация в промышленности. 2013. №8. С. 43-46.
4. Данилов О., Скворцов Д., Свистула О. Автоматизация ТООП. Хроника внедрений // Ресурс машиностроения: [сайт]. URL: <http://www.i-mash.ru/materials/automation/35654-avtomatizacija-toir.-khronika-vnedreniji..html> (дата обращения: 27.06.2017).
5. Молчанов А.Ю. Системное программное обеспечение. Уч. для вузов. 3-е изд. СПб: Питер, 2010. 400 с.
6. Антоненко И.Н. ЕАМ-система TRIM: от автоматизации ТООП к управлению активами // Автоматизация в промышленности. 2015. №1. С. 40-43.

Молчанов Алексей Юрьевич — канд. техн. наук, доцент, директор по разработкам ООО «НПП «СпецТек».
Контактный телефон +7 (812) 329-45-60.
E-mail: mill@spectec.ru

РЕЗЕРВЫ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ, СВЯЗАННЫЕ С ПРИКЛАДНЫМ ПО АСУТП

А.В. Николаев, А.Н. Камакин (Филиал ПАО "Кордиант"),

Ю.В. Васильков (Ярославский государственный технический университет)

Предложены возможные направления модернизации автоматизированных систем управления дискретными технологическими процессами производства отечественных и зарубежных компаний. Систематизированы мероприятия для модернизации систем управления.

Ключевые слова: модернизация АСУТП, прикладное программное обеспечение, мероприятия по повышению производительности.

В условиях повышения спроса на продукцию предприятий появляются задачи увеличения производительности производства без изменения состава и комплектации существующего технологического оборудования с целью удовлетворения дополнительных потребностей рынка. Помимо возможностей повышения производительности путем изменения производимого ассортимента, унификации полуфабрикатов и конструкции изделий, изменения сырья и технологии производства существуют возможности повышения производительности с помощью моди-

фикации прикладного программного обеспечения АСУТП (ППО АСУТП).

Вопросы повышения производительности производств путем модернизации систем управления поднимались в [1, 2].

В ППО АСУТП можно доработать следующие характеристики с целью повышения производительности оборудования в основном за счет увеличения доступного фонда его рабочего времени:

— уменьшить среднюю длительность рабочего цикла оборудования (цикл);