

## МОБИЛЬНЫЕ ПРИЛОЖЕНИЯ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИМИ АКТИВАМИ

А.Ю. Молчанов (НПП «СпецТек»)

*Эффективность информационной системы управления физическими активами предприятия повышается при использовании мобильных устройств. Специфика объектов управления такова, что чаще всего необходимо обеспечить возможность автономного функционирования мобильных устройств в составе информационной системы управления активами. Представлен обзор соответствующих принципов и технологий.*

*Ключевые слова: управление физическими активами, ЕАМ, информационная система, мобильные приложения.*

Главной целью управления физическими активами является нахождение оптимального баланса между производительностью, обеспечиваемой активами, с одной стороны, и затратами, направленными на поддержание активов в рабочем состоянии, и рисками, связанными с активами, с другой [1]. Участники процессов, связанных с управлением активами, зачастую находятся в разных подразделениях, на разных уровнях иерархии управления, выполняют различные функции. Но вся их деятельность по управлению физическими активами должна быть направлена на достижение единых целей и взаимно согласована.

Одним из способов обеспечить решение поставленной выше задачи является внедрение на предприятии информационной системы управления физическими активами (ИС). Подобная ИС в идеале должна охватывать всю инфраструктуру организации, включая удаленные филиалы, передвижные бригады и вахты, а также иные подразделения. Создание и внедрение такой ИС невозможно без использования технологий, связанных с организацией распределенных вычислений. Основу ИС управления физическими активами, как правило, составляет программное обеспечение класса ЕАМ или ERP [2, 3].

### Причины и условия использования мобильных устройств

Существуют различные технологии организации распределенных вычислений, многие из которых так или иначе применяются в ИС управления физическими активами [4, 5]. При этом практически все современные ИС, обеспечивающие реализацию процессов, связанных с управлением физическими активами, предусматривают возможность выполнения части своих функций с помощью мобильных устройств. Причем перечень функций, которые могут выполняться с помощью мобильных устройств в составе ИС, постоянно расширяется по мере возрастания функциональных возможностей самих мобильных устройств.

Мобильное устройство — это техническое средство, позволяющее персоналу предприятия выполнять свои производственные и иные обязанности без существенных ограничений возможностей физического перемещения такого персонала или с минимальными подобными ограничениями. В качестве такого средства чаще всего выступает мобильный телефон (смартфон), реже — планшетный компьютер (планшет). При этом в производственных условиях могут применяться мобильные устройства с соответствующими степенями защиты от внешних воздействий.

Мобильные устройства в составе ИС не функционируют сами по себе, но подразумевают наличие программных продуктов, так или иначе обеспечивающих выполнение ими своих функций. Программное обеспечение мобильных устройств, как и любых других вычислительных устройств, можно разделить на две основных группы — системные и прикладные программы [6]. Конечные пользователи мобильных устройств, как правило, имеют дело с прикладными программами — мобильными приложениями. Однако все мобильные приложения также можно разделить на две большие группы: типовые, присутствующие практически на всех мобильных устройствах и выполняющие функции общего назначения (например, программы навигации по сети — браузеры) и специализированные, ориентированные на реализацию специфичных функций узкой направленности. Поскольку далее будут рассматриваться мобильные устройства в составе специализированных ИС управления физическими активами, то под термином «мобильное приложение» будет подразумеваться специализированное программное обеспечение (ПО), ориентированное на функционирование на мобильном устройстве в составе подобной ИС.

Наличие мобильных устройств (и соответствующих приложений) в качестве компонент ИС управления физическими активами расширяет функциональные возможности таких ИС и обеспечивает им существенные преимущества на рынке. В качестве основных преимуществ можно указать следующие.

- Увеличение широты территориального охвата со стороны ИС подразделений и персонала организации, а вместе с этим — широты охвата ИС производственных и иных процессов, связанных с управлением физическими активами. В том числе функциями ИС могут быть охвачены мобильные бригады и другие подобные подразделения, лишённые возможности прямого взаимодействия с ИС управления физическими активами иным способом. Полнота вовлеченности подразделений и персонала организации в процессы, реализуемые в ИС управления физическими активами, повышает качество такой ИС, актуальность и достоверность представленной в ней информации.

- Возможность прямого непосредственного ввода данных и регистрация действий персонала в ИС управления физическими активами непосредственно в ходе производственного процесса и иных операций, вы-

полняемых данным персоналом. Такая возможность сокращает влияние субъективного фактора на реализацию процессов управления активами в ИС, снижает вероятность возникновения ошибок в процессе ввода и регистрации данных, повышает достоверность и актуальность информации, содержащейся в ИС.

- Расширение функций контроля реального физического перемещения производственного и иного персонала, вовлеченного в процессы управления физическими активами. Возможности мобильных устройств (и устанавливаемых на них мобильных приложений) считывать различные электронные и текстовые метки с реальных технических устройств позволяют реализовать контроль физического присутствия устройства (и его носителя) в заданной точке пространства. С другой стороны, эта же функциональность позволяет упростить идентификацию технических устройств персоналом в процессе выполнения своих обязанностей, обеспечить возможность позиционирования и упростить ввод данных.

Как и другие компоненты ИС, мобильное устройство может взаимодействовать с остальными компонентами ИС в двух основных режимах: в режиме постоянного соединения (on-line) и в режиме отсутствия постоянного соединения путем эпизодических обменов данными (off-line) [4, 5].

В режиме on-line мобильное устройство имеет прямую непрерывную связь с другими компонентами ИС в реальном масштабе времени. В этом случае любые данные, порожденные, полученные или измененные в любом компоненте ИС, в то же самое время (хотя и не мгновенно) становятся доступными на мобильном устройстве мобильному приложению, если оно, конечно, имеет права доступа к этим данным. Точно также данные, введенные или измененные на мобильном устройстве с помощью мобильного приложения, подключенного к ИС в режиме on-line, оперативно (с пренебрежимо малыми задержками) становятся доступны другим компонентам ИС. При такой технологии взаимодействия мобильного устройства с другими компонентами ИС управления физическими активами, конечно, можно разработать и применять специализированный программный продукт, устанавливаемый на данном мобильном устройстве. Однако это вряд ли целесообразно, если ИС поддерживает многоуровневую архитектуру организации распределенных вычислений [6] (а такую возможность обеспечивают практически все современные ИС). В таком случае мобильное устройство выступает в роли «легкого клиента» в составе ИС, и основной его задачей является обеспечение взаимодействия с пользователем (пользовательского интерфейса). Решение этой задачи вполне может быть обеспечено типовыми программными продуктами, имеющимися на подавляющем большинстве современных мобильных устройств, и не требует разработки специализированного ПО. Чаще всего в роли такого типового ПО выступают программы навигации по сети — браузеры.

Таким образом, в режиме on-line мобильное устройство является всего лишь одним из компонентов ИС управления физическими активами с некоторыми своими техническими особенностями и не требует обязательной разработки специализированного ПО. Задача разработчиков ИС в этом случае заключается в том, чтобы учесть технические особенности мобильных устройств, выступающих в качестве «легких клиентов», при организации интерфейса компонентов ИС с пользователями. При этом снижаются затраты на создание, внедрение и администрирование ИС. Ключевым требованием при подобном подходе является поддержка со стороны ИС архитектуры многоуровневых распределенных вычислений. Однако существуют технические решения, которые способны обеспечить подключение мобильных устройств к ИС, построенным и на основе более простых архитектурных решений. Например, мобильные устройства могут быть подключены к ИС, построенной на основе технологии «клиент-сервер», при условии наличия терминального сервера в составе такой ИС и поддержки протоколов удаленного доступа к этому серверу (например, наиболее распространен Remote Desktop Protocol (RDP) — протокол удаленного рабочего стола) типовыми программными продуктами на мобильном устройстве [5]. Таким образом, основные технические проблемы, возникающие при организации взаимодействия мобильных устройств с ИС управления физическими активами в режиме on-line, успешно решаются с адекватными затратами без необходимости разработки специализированного ПО.

Однако применение on-line технологий для организации взаимодействия мобильных устройств с другими компонентами ИС управления физическими активами может нивелировать те преимущества от наличия мобильных устройств в составе такой ИС, о которых было сказано выше. В частности, требование наличия постоянного соединения мобильного устройства с другими компонентами ИС может ограничить возможности автономного функционирования мобильных устройств, в результате чего существенно сократится широта охвата такой ИС производственных и иных процессов, связанных с управлением физическими активами.

По этой причине взаимодействие мобильных устройств с остальными компонентами ИС в режиме off-line представляется более актуальным и интересным. Можно указать несколько основных причин, способствующих развитию и распространению именно такой схемы взаимодействия компонентов ИС с мобильными устройствами [5]. Указанные причины дают существенные преимущества, даже несмотря на то, что реализация режима взаимодействия off-line усложняет разработку ИС управления физическими активами, повышает стоимость такой ИС, усложняет процесс ее внедрения и последующего сопровождения в процессе эксплуатации. В этом случае мобильное устройство функционирует полностью автономно.

но от других частей ИС, и функции ИС, выполняемые на мобильном устройстве, должно обеспечивать специализированное ПО — мобильное приложение.

#### Основные принципы построения мобильных приложений

Мобильное приложение, обеспечивающее автономное функционирование мобильного устройства в составе ИС управления физическими активами, обязательно требуется использовать в том случае, когда обмен данными с другими компонентами ИС осуществляется в режиме off-line. Разрабатывать специализированное мобильное приложение для функционирования мобильного устройства в составе такой ИС при наличии on-line соединения, как правило, нецелесообразно. Однако если для мобильного устройства в составе ИС уже существует мобильное приложение, обеспечивающее его автономное функционирование, то оно также может быть использовано и при наличии постоянного соединения с другими компонентами ИС. Таким образом, специализированное мобильное приложение при его наличии в составе ИС управления физическими активами может функционировать в обоих режимах: off-line и on-line.

Наличие мобильного приложения, позволяющего использовать мобильные устройства в составе ИС управления физическими активами, повышает конкурентоспособность такой ИС на рынке. При этом к мобильному приложению предъявляются следующие базовые функциональные и технические требования:

- способность автономно выполнять те функции ИС, которые могут быть реализованы в данной ИС на мобильном устройстве;
- обеспечение локального хранения данных, необходимых для выполнения всех функций мобильного приложения;
- адекватный и интуитивно понятный интерфейс взаимодействия с пользователями мобильного устройства;
- совместимость с различными типами мобильных устройств, которые могут быть использованы в составе ИС управления физическими активами;
- возможность контролировать функционирование мобильного приложения на устройстве и выполнять его обновление;
- организация взаимодействия с другими компонентами ИС через обмен данными с ними.

Рассмотрим более подробно основные аспекты, связанные с реализацией отмеченных выше требований.

Автономное выполнение тех функций ИС, которые могут быть реализованы на мобильном устройстве, безусловно, является основным требованием к мобильному приложению. Здесь необходимо выделить возможность именно автономного функционирования, когда мобильное приложение обеспечивает не только взаимодействие с пользователем (пользовательский интерфейс), но и какие-то функции бизнес-логики, обработку и хранение данных. То есть для функционирования в режиме off-line мобильное

приложение должно представлять собой полноценный программный продукт. Конечно, вычислительные ресурсы мобильного устройства ограничены, хотя у некоторых современных мобильных устройств они вполне сопоставимы с мощностью стационарных компьютеров, выступающих в роли «легких» и даже «тяжелых» клиентов в структуре ИС. Поэтому далеко не все функции бизнес-логики и обработки данных могут быть вынесены в мобильное приложение, однако оно должно обеспечивать состав функций, минимально необходимый для автономной работы в режиме off-line. Конкретный состав функций ИС управления активами, которые могут выполнять мобильные приложения, зависит от конкретной ИС. В целом это предмет для отдельного обзора, который здесь оставим «за скобками».

Необходимость обеспечения локального хранения данных для мобильного приложения логически вытекает из предыдущего требования, предусматривающего возможность автономного функционирования мобильного приложения. Конечно, можно предусмотреть вариант, при котором все данные, необходимые мобильному приложению для функционирования, будут находиться в оперативной памяти мобильного устройства, но едва ли такое приложение будет работоспособно при реальной эксплуатации. Во-первых, объем оперативной памяти мобильного устройства существенно ограничен, во-вторых, подобное мобильное приложение требовало бы постоянного и непрерывного функционирования весь период между сеансами связи с другими компонентами ИС, что далеко не всегда возможно в условиях реального производственного процесса. Поэтому мобильное приложение должно быть программным продуктом, реализованным по одной из технологий разработки приложений с использованием распределенных вычислений [6]. В простейшем случае для хранения данных можно использовать файловую систему, размещая данные в ней практически в тех же форматах, в каких осуществляется обмен данными с другими компонентами ИС (типовые форматы, используемые мобильными приложениями для обмена данными, рассмотрены далее). Но по мере развития мобильных устройств и роста их вычислительных возможностей на рынке появились достаточно мощные и доступные системы управления базами данных (СУБД), ориентированные на работу под управлением таких устройств. Поэтому многие современные мобильные приложения для хранения и обработки данных используют базы данных (БД), а для взаимодействия с ними — соответствующие СУБД. Таким образом, развитые мобильные приложения являются полноценным ПО, построенным по технологии «клиент-сервер».

Следующее требование — адекватность и понятность интерфейса взаимодействия мобильного приложения с пользователем не является характерной особенностью именно мобильных приложений. По сути, такое требование может быть предъявлено ко всем

компонентам ИС управления физическими активами, которые взаимодействуют с пользователями. Но для пользовательского интерфейса мобильного приложения есть специфические черты, связанные с условиями его функционирования. Во-первых, оно выполняется на мобильном устройстве, имеющем ограниченный набор органов управления, во-вторых, оно предназначено для работы в ИС управления физическими активами оперативного и другого мобильного персонала, непосредственно вовлеченного в производственный процесс. Его возможности по взаимодействию с ИС существенно ограничены условиями этого процесса. Поэтому по сравнению с различными «легкими» и «тяжелыми» клиентами интерфейс мобильного приложения не может быть перегружен сложными системами меню и навигации, разнообразными элементами ввода данных. Здесь часто применяется так называемый «интерфейс одного нажатия», обеспечивающий быстрый доступ к самым основным и часто используемым функциям мобильного приложения через одно-два взаимодействия с органами управления на экране. Более сложные интерфейсные элементы применяются для редко используемых функций.

Требование совместимости с максимально широким набором типов мобильных устройств не является обязательным для мобильного приложения. В принципе, могут существовать и эксплуатироваться мобильные приложения, ориентированные на какой-то строго определенный тип мобильных устройств. Но при этом такое приложение будет жестко привязано к условиям узкого круга эксплуатантов ИС управления физическими активами и в перспективе может столкнуться с проблемами — мобильные устройства относительно быстро устаревают (как физически, так и морально). И при необходимости замены устаревших технических средств у эксплуатанта мобильного приложения, ориентированного на строго определенный тип мобильных устройств, могут возникнуть затруднения. В общем, чем разнообразнее перечень мобильных устройств, на которых может функционировать мобильное приложение, тем меньше технических ограничений накладывает ИС управления физическими активами на инфраструктуру предприятия, соответственно, тем шире круг возможных потенциальных заказчиков такой ИС. В настоящее время на рынке мобильных устройств доминируют два основных типа операционных систем (ОС): Android, поддерживаемая и развиваемая компанией Google (первоначально — компанией Android Inc.), и IOS (ранее — iPhone OS) от компании Apple, каждая из которых имеет несколько версий. Производитель ИС управления физическими активами, стремящийся проявить максимальную гибкость на рынке, должен обеспечить наличие в составе своей ИС мобильного приложения (или нескольких разных версий таких приложений), способного функционировать под управлением различных версий обеих ОС. Однако технически это труднодостижимо и не всегда

экономически оправдано. Поэтому чаще мобильные приложения в составе ИС управления физическими активами ориентированы на функционирование под управлением нескольких последних версий одной из указанных ОС, при этом подразумевается возможность поддержки другой ОС (в этом смысле ОС Android является в настоящее время более предпочтительной, так как занимает большую часть рынка мобильных устройств).

Еще одним важным требованием является возможность со стороны ИС контролировать функционирование мобильного приложения на устройстве и при необходимости выполнять его обновление. Это требование обусловлено возможностью возникновения ошибок и сбоев в процессе функционирования мобильного приложения, а также тем, что любая ИС управления физическими активами постоянно развивается и совершенствуется, соответственно, мобильное приложение в составе такой ИС также будет развиваться. При возникновении ошибок или сбоев в процессе функционирования мобильного приложения его производитель должен получить максимально подробную информацию о возникших проблемах, чтобы принять меры к их устранению в дальнейшем. Для этого мобильное приложение должно, с одной стороны, фиксировать всю возможную информацию о проблемах, возникших в процессе его функционирования, а с другой, каким-то образом передавать эти данные своему изготовителю. Первая из этих двух функций — «крэш-аналитика» (или «крэшлистика») должна автоматически формировать протоколы возможных ошибок и сбоев функционирования приложения. Вторая должна передавать эти данные производителю ПО. Причем тут возможны два основных способа обмена данными: прямая передача данных производителю ПО через глобальные сети (как правило, через средства мобильной связи), либо передача этих данных другим компонентам ИС управления физическими активами в процессе обмена данными с ними с целью последующей их передачи производителю ПО штатными средствами сбора информации об ошибках, которые обычно есть в любой такой ИС.

Возможность обновления мобильного приложения на мобильном устройстве логически вытекает из упомянутого выше требования. Необходимость обновления мобильного приложения на устройстве возникнет, если производитель ПО выполнил его модификацию с целью устранения причин ошибок либо в том случае, если он выпустил новую версию мобильного приложения с расширенными функциональными возможностями или улучшениями других характеристик. Как правило, обновление мобильных приложений, входящих в состав ИС управления физическими активами, может выполняться с помощью встроенных средств обновления ПО, имеющихся в составе ОС на мобильном устройстве (так называемые «магазины приложений» или аналогичные им средства). При этом доступ к средствам обновления может регулироваться реги-

страционными или иными данными, связанными с определенной ИС управления физическими активами. Однако производителям мобильных приложений, входящих в состав таких ИС, нет необходимости дополнительно лимитировать возможность их распространения, — само по себе подобное приложение имеет ценность только в составе ИС, компонентом которой оно является. Функционирование такого приложения вне взаимосвязи с другими компонентами ИС чаще всего бессмысленно. Поэтому сами мобильные приложения, входящие в состав ИС управления физическими активами, могут распространяться без ограничений при том, что их использование будет регулироваться лимитами, заложенными в самой ИС и регламентированными лицензионными соглашениями предприятия с производителем ИС.

Из всего вышесказанного следует, что последнее из требований, указанных в списке выше, — необходимость организации взаимодействия мобильного приложения с другими компонентами ИС управления физическими активами — является самым важным и ключевым для функционирования этого приложения. Без выполнения этого требования все остальные аспекты, связанные с мобильным приложением, теряют всякий смысл, и его функционирование в качестве компонента ИС управления физическими активами становится невозможным. Взаимодействие мобильного приложения с другими компонентами ИС выполняется через обмен данными с ними. Далее в общем виде рассмотрены принципы организации такого обмена данными и связанные с этим основные технологии.

#### Взаимодействие мобильных приложений с другими компонентами ИС

ИС управления физическими активами, как и многие другие ИС, создаются с использованием технологий распределенных вычислений [4, 5]. При этом могут применяться два основных режима организации взаимодействия между компонентами ИС: режим обмена данными в реальном времени при наличии постоянного соединения (on-line) и режим эпизодического обмена данными без установления постоянного соединения (off-line). Многие современные ИС управления физическими активами подразумевают возможность работы различных своих компонент в условиях комбинации этих двух режимов. Для мобильных приложений наибольший интерес представляет режим off-line, так как именно в этом случае обеспечивается принципиальная возможность их автономной работы.

ИС, использующие off-line технологии, предполагают эпизодический обмен данными между компонентами системы при установлении соединения между ними или путем передачи данных через сменный носитель. При использовании off-line технологий данные, созданные или обработанные в одной из компонент ИС, становятся доступны другими компонентам не сразу, а только по истечении времени обмена данными. Причем время обмена данными

сопоставимо с временем выполнения основных функций ИС, и складывается из двух частей: времени на передачу данных и времени ожидания тех моментов, когда такая передача возможна. Обмен данными может происходить в заданные моменты времени, по команде пользователя, при наступлении какого-либо события или соблюдении каких-то условий. Если мобильное приложение входит в состав подобной ИС, то оно должно поддерживать основные технические решения, применяемые в этой ИС для организации обмена данными.

Взаимодействие мобильного приложения с другими компонентами ИС по технологии off-line может использоваться на постоянной основе или эпизодически, когда в этом возникает необходимость. Наиболее распространенным вариантом является комбинация возможностей on-line и off-line технологий в одном мобильном приложении: пока существует прямое соединение с другими компонентами ИС, мобильное приложение выполняет через него обмен данными, но как только такое соединение становится недоступным, мобильное приложение переходит в автономный режим работы. В автономном режиме работы мобильного приложения данные хранятся локально на мобильном устройстве, но как только становится возможным обмен данными, они передаются другим компонентам ИС.

Во всех режимах работы обмен данными должен обеспечивать получение от других компонентов ИС всех данных, необходимых для функционирования мобильного приложения, а также передачу в ИС тех данных, которые были изменены или получены в процессе автономного функционирования мобильного приложения. При этом удобным техническим решением для организации обмена данными мобильного приложения с другими компонентами ИС является сеансовый обмен данными: мобильное приложение устанавливает соединение с ИС и открывает сеанс связи, за время этого сеанса оно передает в ИС свои новые или измененные данные и запрашивает у ИС данные, которые были в ней изменены за время между текущим и предыдущим сеансами связи (при правильной организации обмена данными в ИС на мобильное приложение будут передаваться не все измененные данные, а только те, которые необходимы данному мобильному приложению). При наличии постоянного соединения (on-line) мобильное приложение может инициировать сеансы связи постоянно — обычно это происходит сразу при появлении у него новых или измененных данных, а также при выполнении пользователем каких-либо операций в мобильном приложении (как правило, запрашиваются данные, логически связанные с выполняемыми операциями). То есть в этом случае передача и получение данных происходят по их готовности. При отсутствии постоянного соединения (off-line) сеанс связи организуется всякий раз, когда становится доступным канал связи между мобильным приложением и другими компонентами ИС. В этом

случае обмен данными происходит по факту наличия канала связи. Но в обоих случаях сеанс связи организуется единообразно, что позволяет применять одни и те же технические решения по обмену данными для разных режимов работы мобильного приложения.

ИС также должна обеспечивать поддержку обмена данными с мобильными приложениями в режиме сеансов связи. Как минимум, в ней должен вестись учет сеансов связи (журнал сеансов связи) с каждым мобильным приложением, чтобы иметь информацию о том, когда с ним был последний сеанс связи, и какие данные были в нем переданы — это позволит четко определять состав передаваемых данных при следующем сеансе связи и оптимизирует поток данных. В реальных ИС и мобильных приложениях используются более сложные протоколы организации сеансов связи между ними, чтобы не только обеспечить передачу нужных данных, но и гарантировать их получение.

Логически из всех возможных архитектур организации обмена данными в режиме off-line [5] для мобильного приложения наиболее подходящей является архитектура типа «звезда», в которой это приложение является периферийным узлом, либо древовидная архитектура, в которой оно является концевым узлом («листом») дерева. Все другие возможные архитектурные решения более сложны и для задач, решаемых с помощью мобильного приложения, менее целесообразны.

Физически обмен данными может быть организован двумя основными способами:

- путем установления прямого проводного соединения мобильного устройства с другим компонентом (компьютером или сервером) в составе ИС;
- путем беспроводного обмена данными с соответствующим устройством, входящим в состав ИС, напрямую или опосредовано (через глобальные сети).

В случае использования обмена данными через проводное соединение практически безальтернативным является подключение мобильного устройства к компоненту ИС через интерфейс USB (Universal Serial Bus, универсальная последовательная шина). Этот интерфейс, с одной стороны, имеется практически на всех современных мобильных устройствах, а с другой, также широко распространен и поддерживается всеми стационарными компьютерами, составляющими основу любой ИС. При этом практически нет необходимости разрабатывать специализированный протокол обмена данными, — с точки зрения стационарного компьютера подключенное к нему мобильное устройство чаще всего можно рассматривать как внешний элемент файловой системы. Тогда на стационарном устройстве, с которым установлено соединение, достаточно иметь ПО, которое по запросу мобильного приложения (или по команде пользователя) будет обеспечивать сеансы связи ИС с мобильным приложением. Схема взаимодействия

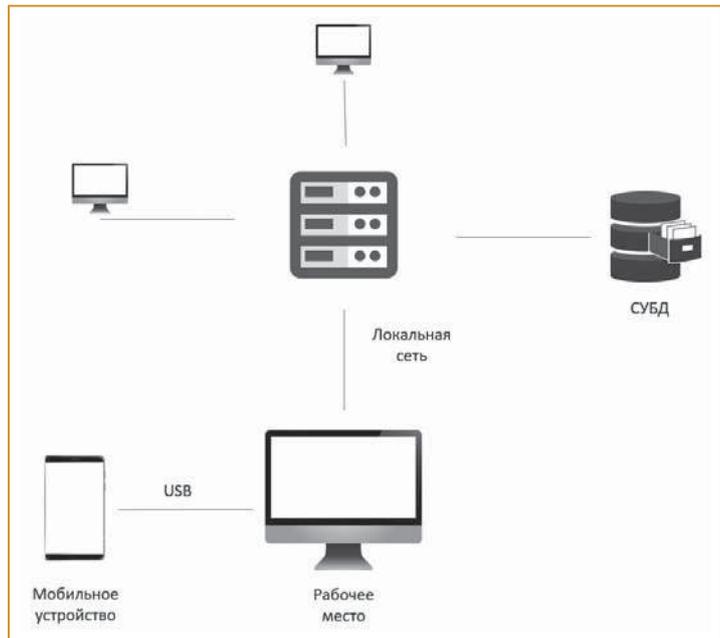


Рис. 1. Схема обмена данными ИС с мобильным приложением при использовании проводной связи

мобильного приложения с ИС при использовании проводной связи представлена на рис. 1.

Прямое проводное соединение является достаточно надежным в качестве средства обмена данными с мобильным приложением. Однако главным его недостатком является необходимость установления прямой физической связи (длина проводного соединения по интерфейсу USB обычно не превышает нескольких метров) между мобильным приложением и стационарным компьютером (рабочим местом или сервером), что не всегда удобно и возможно в условиях реального производства. Кроме того, при прямом обмене данными могут возникнуть проблемы, связанные с распределением и соотношением прав пользователей, от имени которых идет работа на мобильном устройстве — с одной стороны и на стационарном компьютере — с другой. Но главная проблема заключается в том, что прямое проводное соединение не может быть использовано в качестве универсального механизма обмена данными, оно может быть установлено только физически при непосредственном участии пользователя.

Беспроводной обмен данными подразумевает установление соединения по радиоканалу на основе какого-то протокола. Здесь в настоящее время наиболее подходящим локальным вариантом является канал Wi-Fi так как, во-первых, он поддерживается аппаратурой практически всех имеющихся на рынке мобильных устройств, и, во-вторых, имеется достаточно широкий выбор стационарной аппаратуры, реализующей доступ к компонентам ИС через этот канал обмена данными. В качестве возможной локальной альтернативы по распространенности может быть рассмотрен только канал на основе протокола Bluetooth, но относительно небольшой радиус действия ограничивает его применение, а остальные радиоканалы

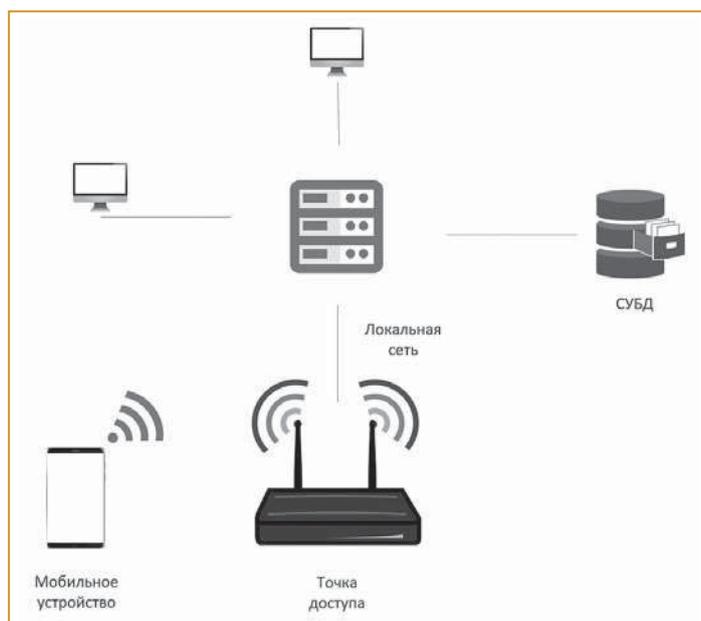


Рис. 2. Схема обмена данными мобильного приложения с ИС при использовании локального беспроводного канала

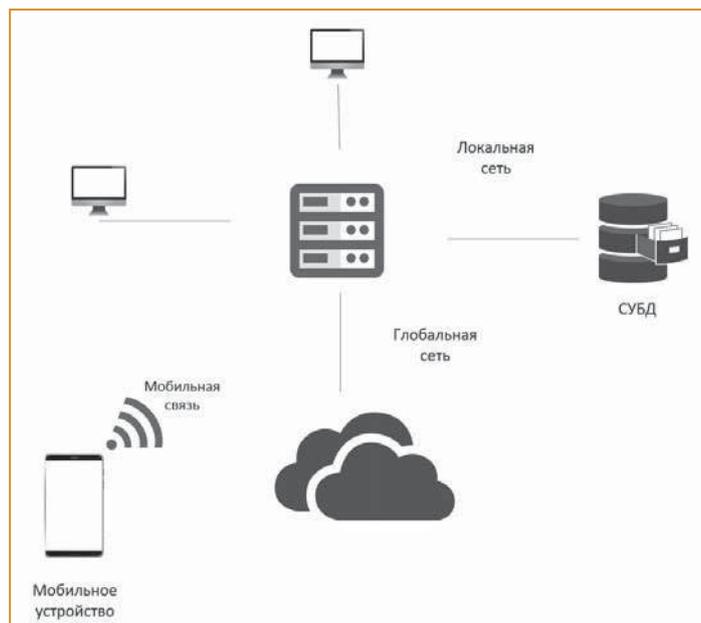


Рис. 3. Схема обмена данными мобильного приложения с ИС при использовании доступа через глобальную сеть

не имеют достаточно широкого распространения. В качестве основного глобального средства беспроводного обмена данными для мобильных устройств выступают различные каналы мобильной связи, предоставляемые соответствующими операторами.

Естественным решением для организации протокола беспроводной связи представляется использование протоколов стека TCP/IP. Для их поддержки как на мобильном устройстве, так и на стационарных устройствах в составе ИС имеются все необходимые системные программные компоненты. При этом в качестве протокола верхнего уровня может

быть использован любой протокол файлового обмена или обмена данными. Логично применить для этой цели протоколы HTTP/HTTPS, которые безусловно поддерживаются на программном уровне с обеих сторон. В таком варианте реализации программное средство, обеспечивающее обмен данными с мобильным приложением со стороны ИС, фактически будет представлять собой Web-сервис, отвечающий на HTTP запросы со стороны мобильного приложения. Для установки такого программного продукта среди всех компонент ИС необходимо выделить одно стационарное устройство — сервер обмена данными. В качестве такого сервера может выступать любой компьютер в составе ИС, обладающий необходимыми техническими характеристиками. Технические требования к серверу обмена данными будут существенно зависеть от интенсивности обмена данными, то есть от числа мобильных устройств в составе ИС и частоты их использования. При минимально необходимых условиях, когда число мобильных устройств в составе ИС исчисляется 10...20 ед., а обмен данными с ними происходит 2...6 раза в сутки (как правило, в начале и конце смены) в качестве сервера обмена данными может выступать любой выделенный компьютер в составе ИС. В этом случае основным требованием к нему будет возможность установки и настройки Internet-сервера, обеспечивающего поддержку HTTP/HTTPS соединений с мобильными приложениями, а под это условие подпадает большинство современных компьютеров, которые могут выступать в качестве рабочих мест ИС.

При такой реализации беспроводного обмена данными каждое мобильное приложение должно знать только точные «координаты» сервера обмена данными. В качестве таких «координат» может выступать либо его IP-адрес, либо (что более удобно в использовании) соответствующее доменное имя. При использовании локального канала Wi-Fi это может быть внутренний IP-адрес или внутреннее доменное имя, зарегистрированные в пределах корпоративной сети. Схема взаимодействия мобильного приложения с ИС при использовании локального канала беспроводной связи представлена на рис. 2. Если применяется глобальный канал доступа через мобильную сеть, либо если подразумевается возможность внешнего доступа для обмена данными с мобильными устройствами, соответствующий IP-адрес или доменное имя должны быть зафиксированы в глобальной сети. Схема взаимодействия мобильного приложения с ИС при использовании беспроводного доступа через глобальную сеть представлена на рис. 3. Как правило, достаточно иметь один сервер обмена данными для взаимодействия со всеми мобильными устройствами (и установлен-

ными на них мобильными приложениями) в составе ИС. При возрастании числа мобильных устройств и интенсивности потока обмена данными достаточно просто пропорционально увеличивать мощность сервера обмена данными, но при необходимости можно иметь и несколько таких серверов. Если ИС имеет распределенную архитектуру, построенную с использованием off-line технологий [5], то на каждом узле в составе такой ИС необходимо иметь свой сервер обмена данными для взаимодействия с мобильными устройствами (если их наличие подразумевается в составе данного узла).

Как правило, при обмене данными мобильным приложением с другими компонентами ИС эти данные разбиваются на пакеты для обмена. Состав и структура пакетов зависит от функциональности мобильного приложения в составе ИС и состава передаваемых им данных, она выбирается разработчиками ИС. Однако для исключения прямой зависимости мобильного приложения от конкретной программно-аппаратной архитектуры (о чем было уже сказано выше) форматы обмена данными не должны зависеть от требований конкретных технических устройств. Поэтому в основу формирования пакетов чаще всего закладываются текстовые форматы. Наиболее распространенные из них строятся на основе языка гипертекстовой разметки XML (eXtensible Markup Language — расширяемый язык текстовой разметки) или на основе текстовой структуры JSON (Java Script Object Notification — описание объектов в формате языка Java Script).

Конечно, беспроводной обмен данными является менее надежным и более уязвимым, чем рассмотренное прямое проводное соединение. Однако он предоставляет большую гибкость в организации самого процесса обмена данными, чем прямое соединение между устройствами. При использовании проводного соединения инициатива обмена данными может исходить только от пользователя, — пока он не выполнит установление физической взаимосвязи между устройствами, обмен данными между ними невозможен. При использовании беспроводного соединения инициатива на выполнение обмена данными может исходить от самого мобильного приложения без непосредственного участия пользователя. Обмен данными может начаться сразу, как только станет возможным установление соответствующего соединения. Это может произойти при перемещении устройства в область видимости одной из точек доступа (при использовании каналов Wi-Fi), либо в зону доступности соответствующей сети (при использовании мобильных каналов связи). При этом необязательно должно произойти физическое перемещение, могут просто сло-

житься более благоприятные условия, и обмен данными станет возможным. При этом не исключается и инициатива со стороны пользователя, во-первых, он может перемещать устройства в пространстве (почти как в случае с проводным соединением, но без обязательной необходимости непосредственной взаимосвязи), во-вторых, в мобильном приложении может быть предусмотрен специальный интерфейсный элемент (в простейшем случае — кнопка или значок), инициирующий обмен данными в тот момент, когда он технически возможен.

### Заключение

Возможности современной ИС управления физическими активами существенно расширяются при использовании мобильных устройств. При этом должен быть предусмотрен автономный режим работы таких мобильных устройств без наличия непрерывной связи в режиме реального времени с другими компонентами ИС (в режиме off-line). Такой режим функционирования мобильного устройства может быть обеспечен только при наличии специализированного мобильного приложения из состава ИС, установленного на данном устройстве. В этом случае автономно функционирующее мобильное устройство не выпадает из целостной системы и остается ее частью.

Для грамотного выбора соответствующей ИС и подключения к ней мобильных устройств заказчику необходимо учитывать многие указанные выше аспекты. При этом конфигурацию используемой ИС он должен определять с учетом особенностей организации распределенных вычислений для мобильных устройств, а также исходя из своих возможностей и потребностей, принимая во внимание соответствующие производственные и организационно-технические условия.

### Список литературы

1. *Иорш В.И.* Преимущества хорошего управления активами //Генеральный директор. Управление промышленным предприятием. 2015. №4. С. 18-25.
2. *Антоненко И.Н.* ЕАМ-система TRIM: от автоматизации ТОиР к управлению активами //Автоматизация в промышленности. 2015. №1. С. 40-43.
3. *Антоненко И.Н., Беляков М.И.* Об одной надежностной задаче и ее решении в информационной системе //Автоматизация в промышленности. 2015. № 8. С.18-21.
4. *Молчанов А.Ю.* Управление физическими активами в условиях эпизодической (off-line) связи //Автоматизация в промышленности. 2018. №8. С. 13-18.
5. *Молчанов А.Ю.* Организация распределенных вычислений для управления физическими активами //Автоматизация в промышленности. 2017. №8. С. 23-28.
6. *Молчанов А.Ю., Кучин Н.В.* Многоуровневые системы и облачные вычисления /СПб.: РИЦ ГУАП, 2018. 113 с.

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