

## Эволюция моделей автоматизации промышленных предприятий с помощью ЛИС «Химик-Аналитик»

А.С. Сафьянов, В.А. Терещенко, К.А. Лемешонок (ООО "Химсофт")

*Описывается современный подход к автоматизации различных информационных потоков при помощи нового функционального блока интеграций лабораторной информационной системы (ЛИС) «Химик-Аналитик», внедряемой в лабораториях и службах качества. Раскрываются возможности и требования к интеграционным процессам смежных информационных систем на промышленных предприятиях. Рассматривается типовой пример взаимодействия с использованием пакетов открытого языка программирования JavaScript.*

*Ключевые слова: взаимодействие систем, задачи интеграции, лабораторная информационная система, JavaScript.*

Современное производство характеризуется наличием самых разнообразных потоков информации, и управление данными потоками входит в число ключевых факторов успешного развития любого предприятия. Разработка разнообразных аппаратно-программных комплексов, технологических средств и прочих решений по автоматизации информационных потоков ведется с 50-х годов XX века, и к настоящему времени уже не осталось предприятий, на которых управление информационными потоками не было бы в той или иной степени автоматизировано. В нашей большой стране развитие подобных технологий начиналось с внедрения бухгалтерских систем учета и планирования и уже в дальнейшем распространилось на производственные системы, в том числе на автоматизацию промышленных лабораторий.

Главные задачи промышленных аналитических лабораторий — это контроль соответствия определяемых компонентов продукции нормативам, улучшение качества выпускаемой продукции и состояния окружающей среды. Лаборатории проводят испытания с использованием нормативно-методической документации и доводят до сведения потребителей информацию о результатах анализа в виде протоколов, паспортов и иных отчетных документов. Для таких лабораторий важно своевременное выявление отклонений оцениваемых показателей от установленных норм, а также мониторинг тенденций их изменения в различных формах представления, например, в виде контрольных карт Шухарта.

Исходя из поставленных перед лабораторией задач, возникает необходимость в работе с большим потоком исходной информации (планирование, пробоотбор, проведение испытаний, оформление результатов). Чем быстрее и достовернее лаборатория будет обрабатывать этот поток данных и передавать полученные результаты, тем более эффективной будет работа всего предприятия.

Существует целый класс специализированных программных продуктов (ПП), направленных на автоматизацию деятельности лаборатории и служб качества — лабораторно-информационные системы (ЛИС или LIMS). Одной из наиболее известных отечественных систем указанного класса является ЛИС «Химик-Аналитик» (<https://chemsoft.ru>), внедренная более чем в 500 лабораториях по всей России. Функ-

ции информационной системы позволяют без значительных трудозатрат автоматизировать как деятельность небольшой лаборатории (автоматизирующей преимущественно внутрилабораторный контроль), так и крупные службы качества в нефтегазовой, атомной, металлургической промышленности, добыче ценных ископаемых, водоканалах (с крупными и/или географически распределенными лабораториями).

Каждый разработчик ПП при решении поставленных задач основывается на накопленном опыте в обслуживаемых сферах деятельности и на своих технических возможностях и стремится предложить свои способы реализации стратегии автоматизации, группируя автоматизируемые функции в отдельные блоки, разрабатывая современные инструменты и оптимизируя внутреннюю деятельность под конкретные потребности пользователя. Разработчики отечественного программного обеспечения ЛИС «Химик-аналитик», проанализировав свой 20-летний опыт на рынке РФ, пришли к оптимальной технико-экономической модели информационной системы: в структуре ЛИС выделены три ключевых блока — справочники, лабораторные журналы и отчетные документы; комплектацию дополняет блок интеграции (архитектура рассматриваемой ЛИС приведена в [1]).

1. Справочники объединяют и хранят исходные данные по объекту и месту анализа, обеспечивают быстрый доступ к нормативным документам, отраслевым стандартам и прочим ресурсам предприятия (например, справочники методик, оборудования, химпосуды, растворов). Данная информация является фундаментом для работы остальных блоков и редко изменяется.

2. Лабораторные журналы предназначены для ввода исходных данных в автоматическом или ручном режиме (например, журнал регистрации и анализов проб или контрольных измерений). В автоматическом режиме журналы собирают исходную аналитическую информацию лаборатории с приборного парка, файлов или других информационных систем. В ручном режиме пользователи вносят данные с клавиатуры, используя специализированные формы ввода, предназначенные для пробоотбора, регистрации проб, анализа показателей и т. п. Этот блок опирается на блок справочников и является основой всей ЛИС, позволяя автоматически производить необходимые

вычисления (расчеты результатов измерений, сравнение их с нормой и т. д.), хранить полученные данные и представлять их в разных вариантах для последующего формирования отчетов.

3. Отчетные документы предназначены для формирования результатов деятельности лаборатории в виде электронных документов требуемой структуры, например, протоколов, паспортов качества, актов и т. п. сведений для других отделов производства, контрагентов или контролирующих организаций. Данный блок имеет функции автоматического экспорта результатов в различные популярные форматы, такие как XLSX, PDF или XML.

Каждый блок имеет технические особенности реализации и собственные инструменты настройки, позволяющие инженерам-химикам адаптировать ЛИС к любой структуре предприятия с минимальными трудозатратами, без привлечения других специалистов (технологов, электронщиков, программистов, администраторов и т. п.).

Дальнейшее функциональное развитие блоков становится избыточным и труднодостижимым без связи с другими информационными системами, в связи с чем в особую категорию выделяется направление интеграционных операций [2–4]. Например, без взаимодействия с бухгалтерскими программами и системами управления персоналом сложно произвести планирование закупок, посчитать себестоимость продукции или трудозатраты. Без сопряжения с системами класса АСУТП возникает путаница и дублирование ввода данных (зачастую такие системы получают данные с приборов и датчиков, генерируя большой поток информации). Без связи с MES/ERP системами невозможно влиять на качество и себестоимость получаемой продукции или экологические параметры производства. Данная проблема решается с помощью нового класса инструментов, обеспечивающих надежную интеграцию между системами. Набор этих инструментов не является обязательной частью для изучения или внедрения заказчиком, однако именно его функциональность и возможности определяют судьбу всего проекта и вычислительных комплексов. Разработчики ЛИС, заинтересованные в долгосрочном присутствии своего продукта на рынке, развивают инструменты интеграции наравне с самой информационной системой [5].

На первом этапе интеграция заключалась в настройке взаимодействия между системами на уровне СУБД (например, при помощи PL/SQL — прямым обращением к выборкам или таблицам). Такое решение является максимально простым и быстрым, однако не дает полноценного результата, поскольку ограничивает разработчиков функционально, а пользователей — в использовании системы. Изменения в настройках системы стандартными средствами ПП могут полностью заблокировать интеграционное взаимодействие такого типа. Более того, такой способ трудно поддается масштабированию, непрозрачен

и требует квалифицированного мониторинга за ресурсами СУБД.

Следующий этап развития ЛИС «Химик-аналитик» заключался в создании уникального набора инструментов, позволяющих существенно упростить процессы интеграции смежных систем и/или аналитических приборов и охватить несколько сложных предметных областей, в том числе аналитическую химию (метрология, внутрилабораторный контроль), отраслевые стандарты (ГОСТы, МУ, НД и т. п.) и программно-аппаратные комплексы (операционные системы и различное оборудование). Суть этого способа заключается в разработке относительно уникальных решений (скриптовых команд управления) под каждую задачу отдельно через условные операторы и закрытый язык программирования. В процессе развития такого скриптового языка требований к нему становилось все больше, а значит, процесс создания становился более трудоемким, сложным для изучения и практического применения.

Помимо перечисленных сложностей, непосредственно касающихся разработки и внедрения полученных результатов, на первый план вышел «человеческий фактор», обусловленный экономическими соображениями. Довольно сложно найти или обучить специалиста, обладающего достаточными знаниями в ряде разнопрофильных областей, таких как программирование (причем для различных информационных систем), технологические основы производства, нормативные документы (ГОСТы и др.), основы аналитической химии, а также опытом работы непосредственно на производстве в других корпоративных системах. Накопленный опыт и знания субъективны, а вот с программированием вопрос можно решить, упростив его освоение и доступность, взяв за основу широко распространенный, популярный и простой язык программирования вместо специфического набора команд скриптов. Таким образом, разработчиками ЛИС «Химик-аналитик» в 2018 г. было принято важное стратегическое решение — изменить подходы и методы выполнения задач интеграции. Все ранее разработанные функции и специфические команды блока выделяются в отдельный подмодуль (для совместимости с предыдущей версией), и разрабатывается принципиально новый механизм, состоящий из независимых модулей с трехзвенной архитектурой взаимодействия (клиентская часть, сервер вычислений и база данных), более приближенной к современным реалиям информационных технологий [5,6].

За основу была взята платформа node.js, которая претерпела небольшие изменения внутреннего устройства с целью адаптации под функциональность ЛИС «Химик-аналитик». В качестве основного языка данной платформы выступает JavaScript, знакомый многим специалистам предприятий-пользователей ЛИС, в том числе администраторам, инженерам и представителям службы безопасности, поскольку является открытым, бесплатным и независимым

стандартом для множества проектов [7]. Выбор данного языка программирования обусловлен не только его простотой и широким применением, но и наличием большого числа дополнительных функций, реализованных в виде отдельных свободно распространяемых библиотек<sup>1</sup>. К настоящему времени по этой платформе не составляет труда найти доступные учебники, подробные примеры с описанием, в том числе на русском языке, что также сыграло свою роль в его развитии и популяризации.

Внутреннее развитие модуля интеграции разделилось на три направления [8]:

- 1) импорт данных (в ЛИС из внешних систем);
- 2) экспорт данных (из ЛИС во внешние системы);
- 3) внутренние задачи по управлению ЛИС и вспомогательные модули.

Задачи по импорту и экспорту данных ЛИС сводятся к основным требованиям, возникающим в процессе интеграции информационных систем с системами класса АСУТП, оборудованием или MES/ERP:

- поддержка удаленного доступа к файлам и каталогам (например, DFS/SAMBA через авторизацию Active Directory);
- поддержка/чтение XML-файлов, сформированных внешними системами (с учетом различных видов кодовых страниц) и формирование выходных файлов с аналогичными свойствами;
- чтение/запись шаблонных и стандартизированных Excel-совместимых файлов (в том числе CSV, XLS/XLSX-формат);
- чтение/запись текстовых файлов настроек и конфигураций (\*.ini, \*.config и т. п.);
- чтение/запись данных с любых внешних устройств или шин (USB, COM-порты);
- поддержка OPC-технологий (исторические данные);
- поддержка и работа с SQL-запросами, выборками и управляющими командами, в том числе во внешних БД;
- чтение/запись специализированных и бинарных файлов (с закрытым форматом представления);
- взаимодействие с внешними динамическими библиотеками (DLL) и COM-объектами;
- экспорт готовых отчетов в PDF (в том числе от имени другого пользователя ОС).

Внутренние задачи по работе ЛИС разделяются по функциональным возможностям, среди которых:

- автоматическое оповещение о событиях в системе:
  - автоматизированный контроль за состоянием оборудования, стабильностью градуировочных характеристик, сообщения о приближении событий, связанных с обслуживанием оборудования;
  - события об окончании срока годности реактивов, проверке, утилизации;
  - управляющие события (утверждение анализов, формирование итоговых сводок, вспомогательные работы);

- автоматическое формирование отчетов, создание новых записей в блоках ЛИС по расписанию;
- планирование работы пользователей. Передача задач между пользователями через контейнер работ;
- работа с графиком аналитического контроля (ГАК);
- общие вспомогательные функции, такие как: отправка электронных писем через протокол SMTP, логирование, работа с зашифрованным хранилищем данных, GUI-функции для взаимодействия в процессе выполнения скриптов с пользователем и пр.

Такое стратегическое решение позволило применить сложные многопоточные вычисления и решать самые разнообразные и на первый взгляд трудные задачи, не требуя существенных вложений в разработку или аппаратную замену вычислительной техники.

Отдельно проработан вопрос безопасности, в том числе на уровне прав доступа пользователя в конкретной информационной системе. Например, каждый запущенный поток отвечает только за поставленную в нем задачу со своими правами доступа, выполняя ее асинхронно, что позволило не только обезопасить работу основной части ЛИС, но и грамотно распределить нагрузку между клиентами и сервером.

Работу вышеперечисленных функций можно обобщить на рабочем примере, внедренном на крупном отечественном предприятии со сложной географической и административной структурой. Основная задача состоит в предоставлении различным группам потребителей (в том числе контрагентам) актуальных готовых документов по событиям, возникающим в ЛИС «Химик-аналитик», через отправку электронных писем с вложениями.

*Основные триггеры, при которых выполняются данные скрипты — действия авторизованных пользователей, возникающие при работе клиентской части ЛИС «Химик-аналитик» с БД. Ниже приведены классические примеры событий-триггеров.*

1. Событие: утверждение готовых форм документов.

Возникает в момент утверждения пользователем ЛИС готовых отчетов. Срабатывает только на определенных отчетах и только у тех пользователей, которым выделены соответствующие права. При этом действии ЛИС асинхронно (пользователь продолжает работу без ожидания отклика о результатах) формирует и выкладывает в отдельный сетевой каталог PDF-файл с результатом (авторизация через Active Directory).

Сами отчеты отправляются разным группам пользователей в зависимости от содержимого отчета: при нарушениях и выходе показателей за допустимые диапазоны — ответственным инженерам и/или пробоотборщикам, при отсутствии в отчете нарушений — внешним контрагентам/руководству.

2. Событие: утверждение записей в лабораторных журналах по вводу данных.

Возникает в момент утверждения пользователем ЛИС записи лабораторного журнала (установка флага

<sup>1</sup> Npm — менеджер пакетов, входящий в состав Node.js. URL: <https://www.npmjs.com/>

«анализы завершены»). Подобно первому событию, они действуют только на определенные формы журналов и учитывают соответствующие права доступа к системе.

Алгоритм работы скрипта: для всех полей типа «ДАТА» проверяется корректность ввода, а для нескольких отдельных форм журналов (например, паспортизация) запускается блок ЛИС «делитель записи», создающий соответствующие записи в других связанных журналах. В случае нарушения метрологических норм запускается асинхронная отправка электронных писем с вложением из XLSX-файла (сгенерированного сервером on-line-отчета) на группу инженеров/лаборантов. При критически важных нарушениях установка флага отменяется.

Полный список триггеров доступен для ознакомления на портале разработчиков: <https://chemsoft.ru/web-integration/docs/lis/globalmessages.html>.

События, возникающие в клиентской части ЛИС, отправляют команды на Web-сервер интеграции (запущенный вместе с ОС в виде отдельной службы), получают параметры задания и в асинхронном режиме параллельно запускают подзадания (например, скрипты по отправке электронных писем потребителям). Важная особенность работы таких подзаданий — отсутствие дополнительных параметров ввода, что позволяет пользователям продолжить основную работу в системе без ожидания. Если требуется дополнительное взаимодействие с пользователем, используются стандартные GUI-функции ЛИС, ожидающие ввод или подтверждающие отдельные операции (например, проверка приемлемости).

Дополнительно разработаны функции управления и мониторинга работы Web-сервера интеграций через HTTP-протокол. Например, встроенный таймер событий такого сервера (на основе stop-модуля) способен по расписанию выполнять задачи по экспорту/импорту данных в смежные корпоративные системы. При этом происходит автоматическое логирование действий с использованием в полном объеме функций ЛИС (API Chemic), то есть результаты доступны всем соответствующим пользователям — их можно изучить, запустив на генерацию отчетный документ ЛИС, или создать еще один триггер-событие для оповещения администраторов.

В совокупности данный комплекс инструментов полностью удовлетворяет потребности заказчика

в интеграционных работах смежных информационных систем или расширении имеющейся функциональности, поскольку исполняемые скрипты прозрачны для самостоятельной/оперативной модернизации или разработки новых функций. Блок интеграции стал неотъемлемой частью всего программного продукта.

Разработчики уверены, что использование ЛИС «Химик-аналитик» в работе лабораторий позволит не только обеспечить соответствие требованиям Росаккредитации, но и создать современную, прозрачную, инновационную систему управления информационными потоками качества, способствующую эффективному использованию производственных ресурсов.

#### Список литературы

1. *Адамова Е.П., Райков С.А., Юнак А.Л.* Новые решения в процессах адаптации и внедрения ЛИС «Химик-Аналитик» // Газовая промышленность. 2010. №5. С. 86-87.
2. *Сафронов В.В., Подвальный С.Л., Барabanov В.Ф., Нужный А.М.* Интеграционные решения при построении корпоративных информационных систем // Известия Самарского научного центра РАН. 2016. Т. 18. № 4(3). С. 646-653.
3. *Сафьянов А.С.* Интеграция ЛИУС «Химик-аналитик» с приборами аналитического контроля и программно-техническими средствами // Всероссийская школа-семинар. «Лабораторные информационные системы: их роль в обеспечении требований стандартов и контроля качества измерений»: сборник трудов. Изд. Томского политехнического университета. 2008. С. 55-59.
4. *Сафьянов А.С.* Комфортность как критерий направления развития ЛИУС // Автоматизация в промышленности. 2011. № 4. С. 39-41.
5. *Буренин А.Н., Легков К.Е.* Модели стохастического управления современными инфокоммуникационными сетями // Научные исследования в космических исследованиях земли. 2019. Т. 11. № 3. С. 26-31.
6. *Янин А.М.* Опыт модернизации архитектуры лабораторной информационной системы на примере ЛИС «Химик-Аналитик» // Автоматизация в промышленности. 2014. № 3. С. 65-68.
7. *Cantelon M. et al.* Node.js in Action. — Greenwich : Manning, 2014. - P. 17-20.
8. *Сафьянов А.С., Терещенко А.Г., Терещенко В.А., Янин А.М., Юнак А.Л., Терещенко О.В.* Проблемы информационного взаимодействия систем класса ЛИУС и элементов КИС предприятия // Автоматизация в промышленности. 2008. № 9. С. 47-50.

*Сафьянов Александр Сергеевич — заместитель директора по ИТ,*

*Терещенко Василий Анатольевич — директор,*

*Лемешонок Кирилл Анатольевич — инженер-программист ООО «Химсофт».*

*Контактный телефон +7 (3822) 41-85-26.*

*E-mail: info@chemsoft.ru*

**Оформить подписку на журнал "Автоматизация в промышленности" вы можете:**

по электронному каталогу "Почта России" ФГУП Почта России - подписной индекс **П7753**

• сайт журнала <http://www.avtprom.ru> • Редакция

**Адрес редакции:** 117997, Москва, ул. Профсоюзная, д. 65, офис 360 Тел.: (495) 334-91-30, (926)212-60-97. E-mail: info@avtprom.ru