

**Актуальные проблемы создания и эксплуатации информационного и программного обеспечения интеграции АСУТП и лабораторных информационных менеджмент-систем**

**А. Катенин, к.т.н, АО «ГНИНГИ»**

**Н. Лиманский**

**В. Милушков**

**Ключевые слова:** архитектура приложений, лабораторная информационная менеджмент-система, ЛИМС, шина интеграции

*В статье рассмотрены актуальные по мнению авторов проблемы создания и эксплуатации информационного и программного обеспечения интеграции АСУТП некоторых типов производств и лабораторных информационных менеджмент-систем. Целевая (лабораторная) информация относится к бизнес-процессам доменного цеха металлургического комбината, нефтеперегонного завода, завода по переработке лома драгоценных металлов (ЛОДМ). Информация о предприятиях обезличена.*

Лабораторные информационные менеджмент-системы используются на производствах разного типа [1]. Общий тренд на цифровизацию бизнес-процессов, с одной стороны, и требования регулятора по аккредитации лаборатории (внедряемая ЛИМС должна соответствовать области аккредитации) [2], а также другие обстоятельства (например, необходимость снижения издержек на лабораторную деятельность) сделали задачу разработки, внедрения и эксплуатации ЛИМС на указанных типах предприятий актуальной.

Вместе с тем, уход ведущих мировых производителей и интеграторов промышленного оборудования, информационных и программных систем породили проблему, заключающуюся в том, что:

1) отечественное программное обеспечение (ПО) общего назначения, обладающее зачастую худшими потребительскими и другими характеристиками, становится безальтернативным к использованию;

2) отечественная элементная база и технические элементы, аппаратное обеспечение отсутствуют или устарели;

3) предприятия имеют разнородный «ландшафт» аппаратных и программных систем («зоопарк»), далее по тексту – ссылка (\*);

4) трудность и высокая затратность модернизации указанных средств («легаси»);

5) отсутствие известным авторам научно-методического аппарата (НМА) обоснования выбора ЛИМС;

6) отсутствие известных и рецензируемых методик (лучших практик) разработки, внедрения и эксплуатации ЛИМС («вкусовщина и ангажированность»).

## 1 Обзор ЛИМС

Известны некоторые программные продукты, относящиеся к классу ЛИМС. Информация об их применении на указанных типах производств, полученная из открытых источников, как правило, рекламного характера, не позволяет сделать обоснованный вывод об эффективности (качестве) разработанного ИО и ПО, оценить отзывы должностных лиц.

Таблица 1 – Обзор ЛИМС

№	ЛИМС	Производитель	Примечание
1	Labware		иностраный разработчик
2	АИСТ	ГК «Термо Техно»	[7] ЮГК, [10]: ЧЦЗ; отечественный
3	I-LDS (Индасофт)	InduSoft	[1], [8]: МК, НПЗ, ПК; отечественный
4	LIMS by WRClab		[8, 11]; отечественный; SaaS, облачный сервис

Примечание:

- 1 МК – металлургический комбинат
- 2 НПЗ – нефтеперегонный завод
- 3 ПК – перерабатывающий комбинат

Базовый и расширенный функционал I-LDS [8]:

- планирование испытаний,
- подготовка к проведению испытаний и измерений,
- отбор и регистрация образца (представительной пробы),
- этикетирование и штрихкодирование проб,
- мониторинг окружающей среды,
- управление образцами,
- получение результатов испытаний проб и принятие решений,
- утверждение результатов испытаний,
- учёт арбитражных проб,
- модуль «Протоколы испытаний»,
- модуль «Лабораторные журналы»,
- отчётность о результатах исследований (испытаний) и измерений;
- расширенный функционал в модулях: «Управление персоналом», «Управление нормативными документами», «Учёт лабораторного оборудования», «Внутрилабораторный контроль», «Прослеживаемость измерений», «Паспорт испытательной лаборатории (ИЛ) », «Учёт фасованной продукции», «Товарная продукция», «Статистический анализ», «Аудиторская прослеживаемость», «Управление безопасностью».

Состав модулей и функционал данной системы возьмём первым для сравнения, т.к. по открытым источникам и рекламной информации указанная ЛИМС внедрена на большем количестве предприятий различных типов.

В отличие от сведений [8] информация по ЛИМС «АИСТ» соответствует версии на 15 мая 2023 г – см . рис. «Сравнение состава...».

I-LDS		АИСТ-2023		LIMS by WRCIab (SaaS)	
№	Модули	№	Модули	№М и №Ф	Модули
1	Аудиторская прослеживаемость	1	Аккредитация	6	есть функция
2	Внутрилабораторный контроль	2	Внутрилабораторный контроль	4	есть функция
3	Лабораторные журналы	(есть)	3 Личный кабинет	2	есть функция
		4	Нормативная документация		
		5	Отчётность		
4	Паспорт испытательной лаборатории	6	Проведение испытаний		
5	Прослеживаемость измерений	(есть)	7 СМК	5	есть функция
6	Протоколы испытаний	8	ТМЦ	8	есть функция
7	Статистический анализ				
8	Товарная продукция	9	Управление испытаниями		
9	Управление безопасностью				
10	Управление нормативными документами	10	Управление персоналом	7	есть функция
11	Управление персоналом	11	Управление пользователями		
		12	Управление системой		
12	Учёт лабораторного оборудования	13	Учёт лабораторного оборудования	3	есть функция
13	Учёт фасованной продукции	14	Учёт помещений		
				Модуль 1	CRM
	<b>Функционал</b>		<b>Функционал</b>		
1	мониторинг окружающей среды	да (в модуле «Учёт помещений»)			
2	отбор и регистрация образца (представительной пробы)	да (в модуле «Управление испытаниями»)			
3	планирование испытаний	да (в модуле «Управление испытаниями»)			
4	подготовка к проведению испытаний и измерений	да (в модуле «Управление испытаниями»)			
5	получение результатов испытаний проб и принятие ре	да (в модулях «Проведение испытаний», «Отчётность»)			
6	управление образцами	да (в модуле «ТМЦ»)			
7	утверждение результатов испытаний	да (в модуле «Проведение испытаний»)			
8	учёт арбитражных проб	да (в модуле «Управление испытаниями» → Шаблоны заданий на отбор → Шаблоны проб)			
9	этикетирование и штрихкодирование проб	да (в модуле «Управление испытаниями» → Отбор проб → Речать этикеток)			

Рисунок 1 – Сравнение состава модулей и основного функционала известных ЛИМС

## 2 Специфика типов производств и особенности построения АСУТП

Рассмотрим целевые особенности заявленных типов производств, в том числе АСУТП и вытекающие из них требования и варианты интеграции.

### 2.1 Доменный цех

1) Типовой МК чёрной металлургии имеет доменное производство, конверторный цех, отдел внешней приёмки и центральную измерительную лабораторию. Сырье, включая агломерат, доменные брикеты и присады, железнофлюс, металлодобавки, окатыши и другие материалы, поступает от ГОК и предприятий вторичной переработки. Разгружается, и часть материалов направляется на рудный двор. В состав осховной технологической цепочки могут входить также коксохимическое, сталеплавильное и др. производства, прокатные цеха.

2) Основная задача доменного производства – бесперебойная выплавка чугуна с заданными свойствами. Побочный продукт – шлак.

3) Все шихтовые материалы должны иметь однородный химический состав, например постоянное содержание железа в агломерате, золы в коксе, извести в известняке. Колебания химического состава нарушают нормальный ход доменной печи, приводят к повышенному удельному расходу материалов. При прочих равных условиях производительность доменной печи повышается при росте содержания железа в сырье. Загружаемые в доменную печь материалы с точки зрения влияния их на движение газа в печи можно разделить на две группы: рудные материалы (руды, агломерат, известняк, добавки) и топливо (кокс).

4) Отдел внешней приёмки берет пробы сырья, готового продукта и технологические.

5) Часть результатов анализа поступает в подсистему доменного производства АСУТП. Железорудные концентраты, как материалы с повышенным содержанием железа, различаются по химическому, минералогическому и гранулометрическому составу. Поэтому повышение содержания железа в агломерате и окатышах может сопровождаться различным изменением других показателей качества. Соответственно они отразятся на результатах доменной плавки.

6) В ОВП созданы участки физико-механических (физико-химических) и термических испытаний. Пробы проходят пробоподготовку к ХА, ХА и физические испытания – на участке ФМИ; и приёмку и пробоподготовку к ТИ, ТИ, взвешивание и определение гранулометрического состава – на участке металлургических (термических) испытаний.

Правила отбора проб установлены соответствующими стандартами. Например, ГОСТ Р ИСО 14284-2009.

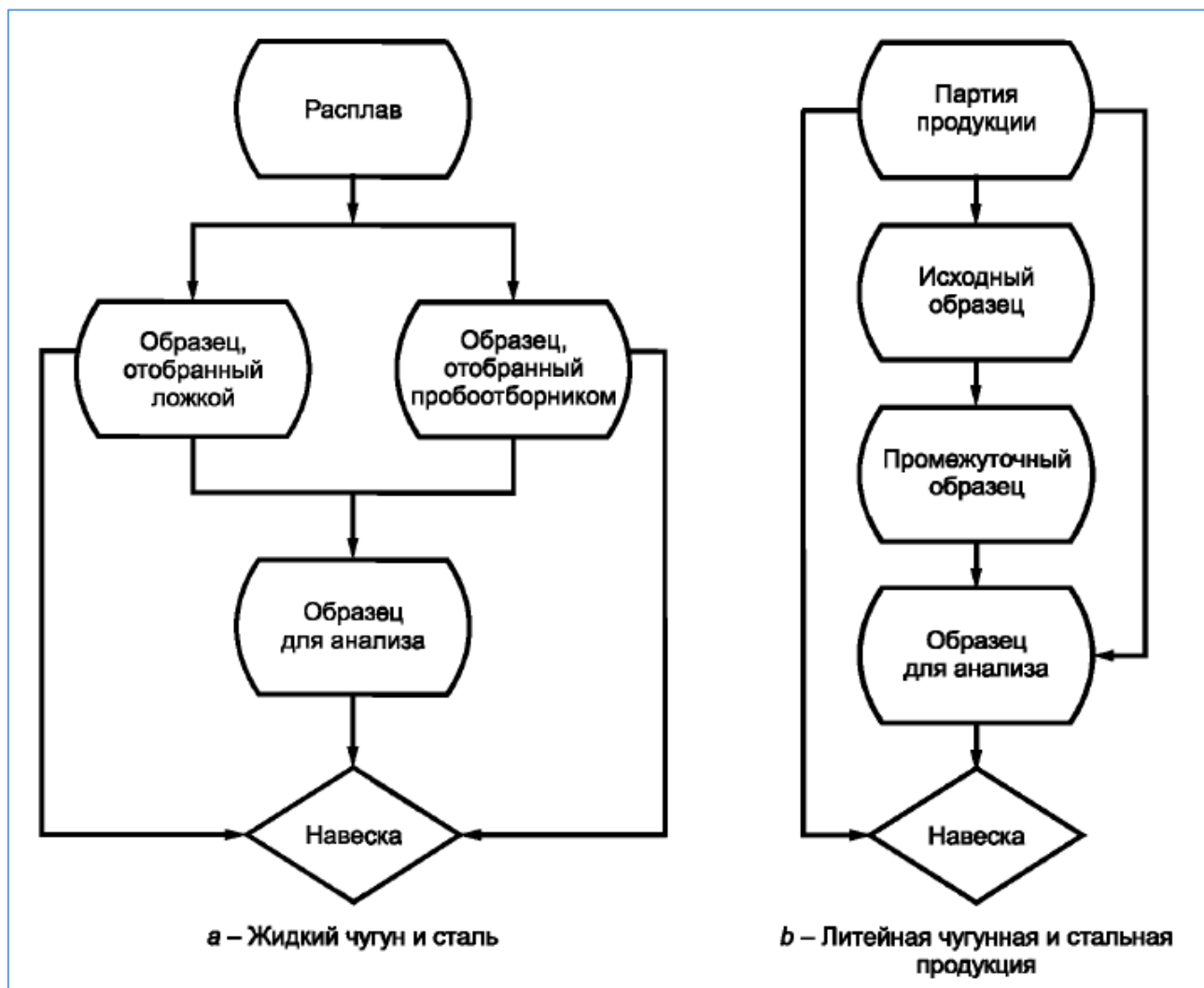


Рисунок 2 – К отбору и подготовке образцов для определения химического состава по ГОСТ Р ИСО 14284-2009

В конкретной ИС для удобства пользователей или по причине реализации определённой концепции обработки результатов лабораторной деятельности могут быть введены категории (объекты ИС), отличающиеся и/или дополняющие таковые в ГОСТ. См. табл. 2.

Принципы построения и реализация ИС доменного производства изложены, в частности, в [4].

Поскольку, как мы отметили ранее (см. \*), предприятия имеют разнородный «ландшафт» аппаратных и программных систем, то целесообразно рассмотреть интеграцию по данным без непосредственного обращения к РСУБД, а также, по возможности, настройку и программирование без кода.

	Внешние приложения (третьих сторон)		Приложение собственной разработки исполнителя
	Code	No Code	
<b>1 Данные</b>	Word, Excel VBA; СУБД	KNIME	Компоненты доступа к РСУБД или NoSQL
<b>2 Отчёты</b>	Word, Excel VBA	MS Word, Excel	Библиотеки экспорта в Word, Excel, TeX
<b>3 Интеграция</b>	Camel, Kafka, MQ	NiFi	Библиотеки и коннекторы к брокерам сообщений и потоков

Рисунок 3 – Примеры средств ЯВУ и СПО, реализующих концепцию No Code для решения различных функциональных задач (ввода/вывода, отчётов, интеграции)

### 2.1.1 Сценарий интеграции с ETL-инструментом (Apache NiFi)

Вместо выполнения аналитических запросов непосредственно к транзакционным базам данных эти сырые данные обычно реплицируются в *хранилище данных* (data warehouse) – выделенную базу данных, оптимизированную под рабочие нагрузки аналитических запросов. Чтобы заполнить хранилище данных, в него необходимо скопировать данные, которыми оперируют системы транзакционных БД. Процесс копирования данных в хранилище состоит из трех стадий: *извлечение – преобразование – загрузка* (Extract – Transform – Load, ETL). Процесс ETL извлекает данные из транзакционной БД, преобразует их в общее представление, которое может включать проверку, нормализацию значений, кодирование, удаление повторов и преобразование схемы, и, наконец, загружает их в аналитическую базу данных.

Потоковые процессоры Apache NiFi и Apache Flink, а также распределённая система хранения Apache Kafka (с библиотеками Kafka Streams и ksqlDB) предназначены для потоковой обработки и регистрации в своём журнале событий с учётом локальных состояний подключенных (потоковых) приложений. Журнал событий разделяет отправителей и получателей и обеспечивает *асинхронную неблокирующую передачу событий*.

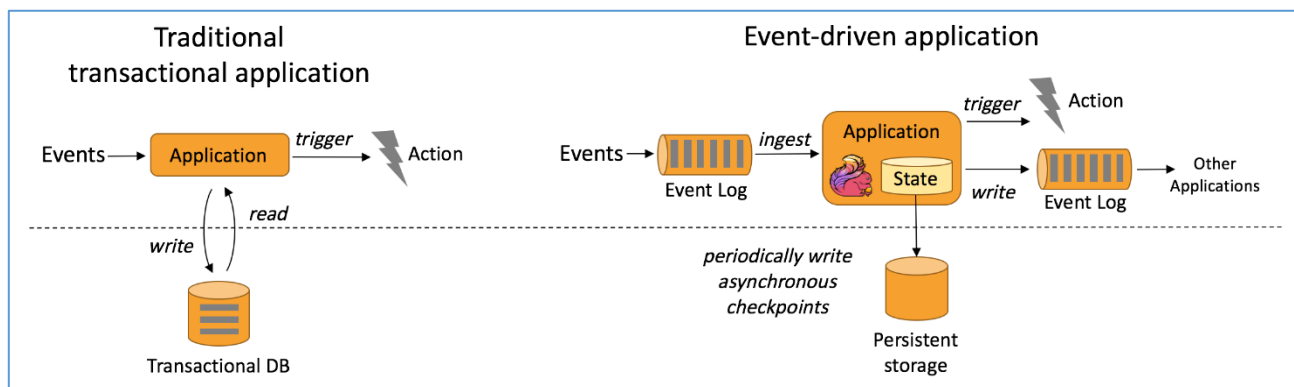


Рисунок 4 – Пример использования потоковой обработки с учётом состояния в Apache Flink для приложений, управляемых событиями [2]

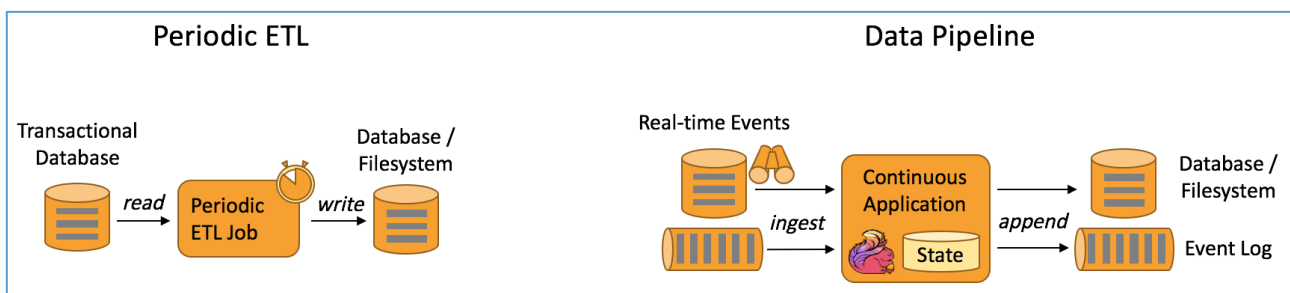


Рисунок 5 – Пример использования потоковой обработки в Apache Flink для приложений ETL

Традиционный подход к синхронизации данных в различных системах хранения – периодический запуск заданий ETL. Однако они не соответствуют требованиям к минимальной задержке синхронизации во многих современных сценариях использования данных. Альтернативой является использование журнала событий для распространения обновлений. Обновления записываются и распространяются в журнале событий. Пользователи журнала сами вносят обновления в затронутые хранилища данных. В зависимости от варианта использования переданные данные, возможно, потребуются нормализовать, дополнить внешними данными или агрегировать перед их записью в целевое хранилище данных.

Получение, преобразование и запись данных с малой задержкой синхронизации – еще один распространенный вариант использования приложений потоковой обработки с учётом состояния. Этот тип приложения называется *конвейером данных*. Конвейеры данных должны иметь возможность обрабатывать большие объемы данных за короткое время. Потоковый процессор, который управляет конвейером данных, также должен иметь широкий выбор соединителей (переходных интерфейсов) источника и приемника для чтения и записи данных в различные системы хранения. Все эти задачи решает Apache Flink.

Отличие Apache NiFi от Apache Flink в том, что NiFi это больше визуальное средство маршрутизации источников и потребителей в конвейере ETL. Flink имеет соответствующий коннектор для Apache NiFi.

### 2.2.2 Пример технического решения по интеграции

Использование Apache NiFi в ЦОД МК обусловлено историческими причинами (т.н. «легаси»). Apache Kafka предоставляет большие возможности, поэтому на тестовой площадке целесообразно рассмотреть и решение без Apache NiFi. Далее приведем случай из практики.

На этапе информационного обследования **установлено:**

1) клиенты (датчики MES, АРМ и т.п.) АСУДП могут сопрягаться с РСУБД АСУДП как традиционным транзакционным способом и/или посредством микросервисов, так и с использованием Apache NiFi;

2) виртуализированное и контейнеризированное окружение кластера Apache NiFi может быть развёрнуто в удалённом сегменте корпоративной сети;

3) синхронизация и/или обновление НСИ может быть выполнено без ETL-инструмента, т.к. является нечастым и незатратным по памяти и вычислительным ресурсам событием.

Было предложено следующее техническое решение.

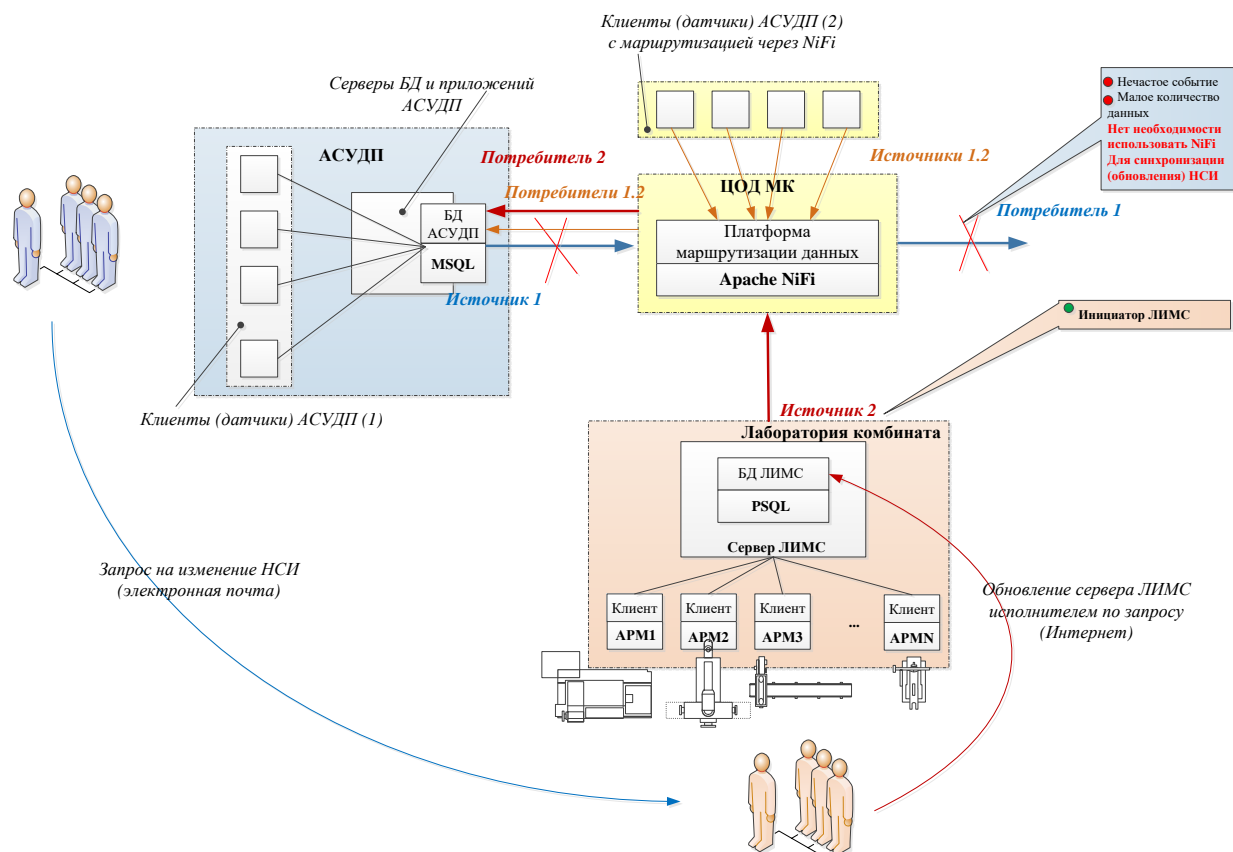


Рисунок 6 – Вариант маршрутизации НСИ от АСУДП и информации о результатах анализов от ЛИМС

**Примечание:**

- 1 АСУДП – часть АСУТП для доменного производства
- 2 Сервер ЛИМС – сервер РСУБД ЛИМС
- 3 ЦОД МК – центр обработки данных

## 2.2 Нефтеперегонный завод

Особенности пробоотбора, подготовки проб и лабораторной деятельности НПЗ в отличие от таковых в МК:

- 1) меньшее количество фракций;
- 2) значительно большее количество участков и мест отбора;
- 3) оценочно – меньшее количество методов анализа, а, следовательно, преднастроенных и реализованных в ИС программ и этапов анализа.

## 2.3 Завод по переработке ОЭЭО

- 1) разнообразие фракций;
- 2) различные варианты маршрутизации проб после отбора (например, пробы с драгоценными металлами могут отправляться сразу в лабораторию, минуя ОТК);
- 3) большее количество методик анализа, а, следовательно, программ и этапов испытаний;
- 4) большее, чем в МК, количество материалов номенклатуры.

### 3 Основные проблемы

Из I, II, III следуют частные (специфичные для конкретного типа производств) проблемы разработки, внедрения и эксплуатации информационного и программного обеспечения ЛИМС и, в частности, указанные проблемы в части интеграции с АСУТП.

К общим проблемам относятся указанные ниже.

- 1) отсутствие упрощённого клиента в цехах;
- 2) отсутствие математической постановки задачи мониторинга пробы и её составных частей (ПЗ1);
- 3) отсутствие модели ....(МД1);
- 4) отсутствие математической постановки задачи визуализации шаблона пробы в виде дерева (ПЗ2);
- 5) отсутствие методики для оценки эффективности организации, разработки и эксплуатации информационного и специального программного обеспечения для интеграции АСУТП металлургического комбината и лабораторной информационной менеджмент-системы (МТ1);
- 6) отсутствие единого тезауруса.

#### *К постановке задачи мониторинга пробы и её составных частей (ПЗ1)*

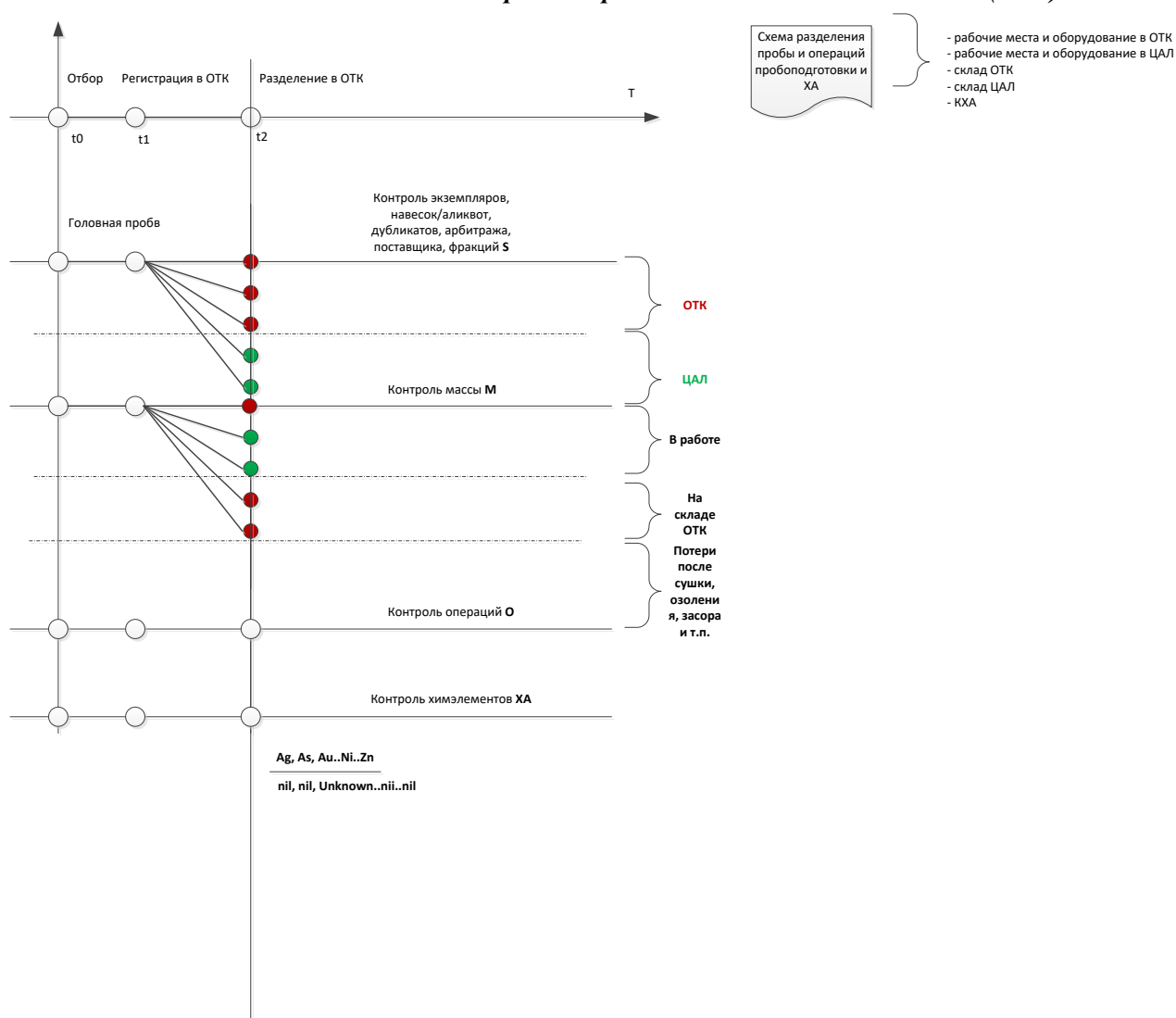


Рисунок 7 – К математической постановке задачи мониторинга пробы и её составных частей



$\overrightarrow{P(t)} = (\overrightarrow{S(t)}, \overrightarrow{N(t)}, \overrightarrow{M(t)}, \overrightarrow{O(t)}, \overrightarrow{XA(t)}, \overrightarrow{D(t)})$

$\overrightarrow{S(t)}$  – части пробы по времени и/или их состояния)

$\overrightarrow{N(t)}$  – номера частей пробы по времени

$\overrightarrow{M(t)}$  – массы частей пробы, включая потери, по времени

$\overrightarrow{O(t)}$  – операции к частям пробы по времени

$\overrightarrow{XA(t)}$  – химические элементы частей пробы по времени

$\overrightarrow{D(t)}$  – документы для частей пробы по времени

#### Задачи на разработку ПО:

- 1) записать путь пробы и её частей (маршрут)
- 2) реализовать проигрыватель (визуализатор) записанных маршрутов (плеер) с контролем масс, содержания химических элементов и т.п.
- 3) реализовать визуализацию пп. 1), 2) в виде дерева и/или движения меток частей пробы

#### Задачи на разработку МО и ИО:

- 4) представить задание на отбор проб как частный случай  $\overrightarrow{P(t)}$ ,  $\overrightarrow{P(t)}$  план
- 5) представить рабочий лист как частный случай  $\overrightarrow{P(t)}$
- 6) представить составной рабочий лист как частный случай  $\overrightarrow{P(t)}$ , срез – по подразделениям пробоподготовки, ГРА и ХА

### ***К проблеме единого тезауруса ЛИМС***

Таблица 2 – Вариант тезауруса ЛИМС (выписка)

Аликвота	–	часть жидкой пробы, предназначенная для ХА с выбранными химическими элементами в одном подразделении
Арбитраж (арбитражный экземпляр)	–	часть пробы, предназначенная для хранения и предъявляемая для решения спорных вопросов с заказчиками или подрядчиками
Дубликат (дублирующий экземпляр)	–	часть пробы, предназначенная для пополнения экземпляров пробы при их расходовании
Задание на отбор проб	–	документ и объект ИС, определяющий способ отбора, разделки и направление на исследования части материала из номенклатуры предприятия, взятой для испытаний
Контролируемый показатель	–	(КП) измеряемая в процессе испытаний характеристика материала из номенклатуры предприятия
Навеска	–	часть твёрдой пробы, предназначенная для ХА с выбранными химическими элементами в одном подразделении
Проба	–	часть материала из номенклатуры предприятия, взятая для испытаний и арбитража
Программа испытаний	–	объект ИС, состоящий из этапов испытаний
Фракция (фракция пробы)	–	часть пробы после разделения пробы или её части по к.-л. признаку, например, после просеивания через сито 0.45 мм
Шаблон задания на отбор проб	–	в данном случае <Название шаблона, материал, доп. сведения>
Шаблон пробы	–	шаблон (схема), содержащая информацию о разделке пробы в ОКГПиС для последующих технологических и других операций с экземплярами, дубликатами, фракциями и арбитражными пробами в ОКГПиС и ЦАЛ, а также о программах испытаний и контролируемых показателях

Экземпляр пробы	–	часть пробы, предназначенная для ГРА или ХА в отдельном подразделении
Этап испытаний	–	объект ИС, определяющий набор и последовательность технологических операций по измерению КП в соответствии, как правило, одной методике анализа

### К постановке задачи визуализации шаблона пробы в виде дерева (П32)

#### П32.1 Исходные данные

1) файл вида 1 samples-[STT-2022-11-07-000001] ЦПДМ Кристаллы Ag (партия).xls – описание шаблона пробы

A	B	C	D	E	F	G	H
Уровень	Место отбора	Вид	Фракция	Ставительность п	Объект испытания	Марка продукции	Показатели
0	[202] Пом. 122	[S] Проба		Партионная	[2.10.] Кристаллы/слитк	[2.10.1] Кристаллы сере	Ag, Al, As, Au, Bi, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Ni, Pb, Pd, Pt, Rh, Sb, Se, Si, Sn, Te, Ti, Zn

Рисунок 8 – Описание шаблона пробы «ЦПДМ Кристаллы Ag (партия)»

Уровень	Место отбора	Вид	Фракция	Ставительность п	Объект испытания	Марка продукции	Показатели	Программа испытаний	Удел ответственный за испытан
0	[302] URT	[S] Проба		Партионная	[3.10.] ЛОДМ измельченный ПФ	Ag, Al, Au, Cu, Fe, Ni, Pb, Pd, Pt, Sb, Sn, Ugar, W, Z		[ОТК платы ЛОДМ изм.] Расчет	[ОТК] Отдел контроля готовой п
1	[302] URT	[S] Экземпляр пробы		Партионная	[3.10.] ЛОДМ измельченный ПФ	Ugar, W		[ОТК платы ЛОДМ изм.] Расчет	[ОТК] Отдел контроля готовой п
1	[302] URT	[S] Экземпляр пробы		Партионная	[3.10.] ЛОДМ измельченный ПФ	Ag, Al, Au, Cu, Fe, Ni, Pb, Pd, Pt, Sb, Sn, Zn		[ОТК платы ЛОДМ изм.] Расчет	[ОТК] Отдел контроля готовой п
0	[302] URT	[DBL] Дубликат пробы 1		Партионная	[3.10.] ЛОДМ измельченный ПФ	Ag, Al, Au, Cu, Fe, Ni, Pb, Pd, Pt, Sb, Sn, Ugar, W, Z		[Платы] Электронные платы, Л	[ЦАЛ] Центральная аналитичес
0	[302] URT	[RS] Арбитражная проба		Партионная	[3.10.] ЛОДМ измельченный ПФ	Ag, Al, Au, Cu, Fe, Ni, Pb, Pd, Pt, Sb, Sn, Ugar, W, Z		[Платы] Электронные платы, Л	[ЦАЛ] Центральная аналитичес
0	[302] URT	[DBL3] Дубликат 3 часть		Партионная	[3.10.] ЛОДМ измельченный ПФ	Ag, Al, Au, Cu, Fe, Ni, Pb, Pd, Pt, Sb, Sn, Ugar, W, Z		[Платы] Электронные платы, Л	[ЦАЛ] Центральная аналитичес
0	[302] URT	[DBL, S] Дубликат поставщика		Партионная	[3.10.] ЛОДМ измельченный ПФ	Ag, Al, Au, Cu, Fe, Ni, Pb, Pd, Pt, Sb, Sn, Ugar, W, Z		[Платы] Электронные платы, Л	[ЦАЛ] Центральная аналитичес
0	[302] URT	[S] Проба	[+0,074] Отсев +	Партионная	[3.10.] ЛОДМ измельченный ПФ	Ag, Al, Au, Cu, Fe, Ni, Pb, Pd, Pt, Sb, Sn, Zn		[Платы] Электронные платы, Л	[ЦАЛ] Центральная аналитичес
1	[302] URT	[AN] Навеска/алинвота	[+0,074] Отсев +	Партионная	[3.10.] ЛОДМ измельченный ПФ	Au, Pd, Pt		[Платы] Электронные платы, Л	[ПО] Пробирное отделение
1	[302] URT	[AN] Навеска/алинвота	[+0,074] Отсев +	Партионная	[3.10.] ЛОДМ измельченный ПФ	Ag, Al, Cu, Fe, Ni, Pb, Sb, Sn, Zn		[Платы] Электронные платы, Л	[ЦАЛ] Центральная аналитичес
0	[302] URT	[S] Проба	[-0,074] Просев	Партионная	[3.10.] ЛОДМ измельченный ПФ	Ag, Al, Au, Cu, Fe, Ni, Pb, Pd, Pt, Sb, Sn, Zn		[Платы] Электронные платы, Л	[ЦАЛ] Центральная аналитичес
1	[302] URT	[AN] Навеска/алинвота	[-0,074] Просев	Партионная	[3.10.] ЛОДМ измельченный ПФ	Au, Pd, Pt		[Платы] Электронные платы, Л	[ПО] Пробирное отделение
1	[302] URT	[AN] Навеска/алинвота	[-0,074] Просев	Партионная	[3.10.] ЛОДМ измельченный ПФ	Ag, Al, Cu, Fe, Ni, Pb, Sb, Sn, Zn		[Платы] Электронные платы, Л	[ЦАЛ] Центральная аналитичес

Рисунок 9 – Описание шаблона пробы «ЦПС ЛОДМ измельченный ПФ»

Из файлов описания шаблона пробы для визуализации берутся поля и часть названия:

- шаблон пробы: STT-2022-11-07-000001 ЦПДМ Кристаллы Ag (партия) (из названия файла)
- объект испытания: [3.10.] ЛОДМ измельченный ПФ (столбец «Объект испытания»);
- названия узлов дерева: [S] Проба (столбец «Вид»), если поле «Фракция» пустое;
- названия узлов дерева: [+0,074] Отсев +0,074 и (столбец «Фракция»), если поле «Фракция» не пустое; при этом фракции всегда идут попарно – с плюсом то, что остаётся на сите (Отсев), с минусом – то, что проходит через сито (Просев);
- фракции отделяются повторением первой строчки «0; [302] URT; [S] Проба...» – на самом деле корень у дерева всегда один, это первая строчка;
- под каждым узлом подписи вида анализа (столбец «Показатели»);
- над каждым узлом отдел и программа испытаний (столбцы «Отдел...», «Программа испытаний») в сокращённом виде.

## П32.2 Экранные формы

Программа визуализации шаблона пробы имеет следующую главную форму.

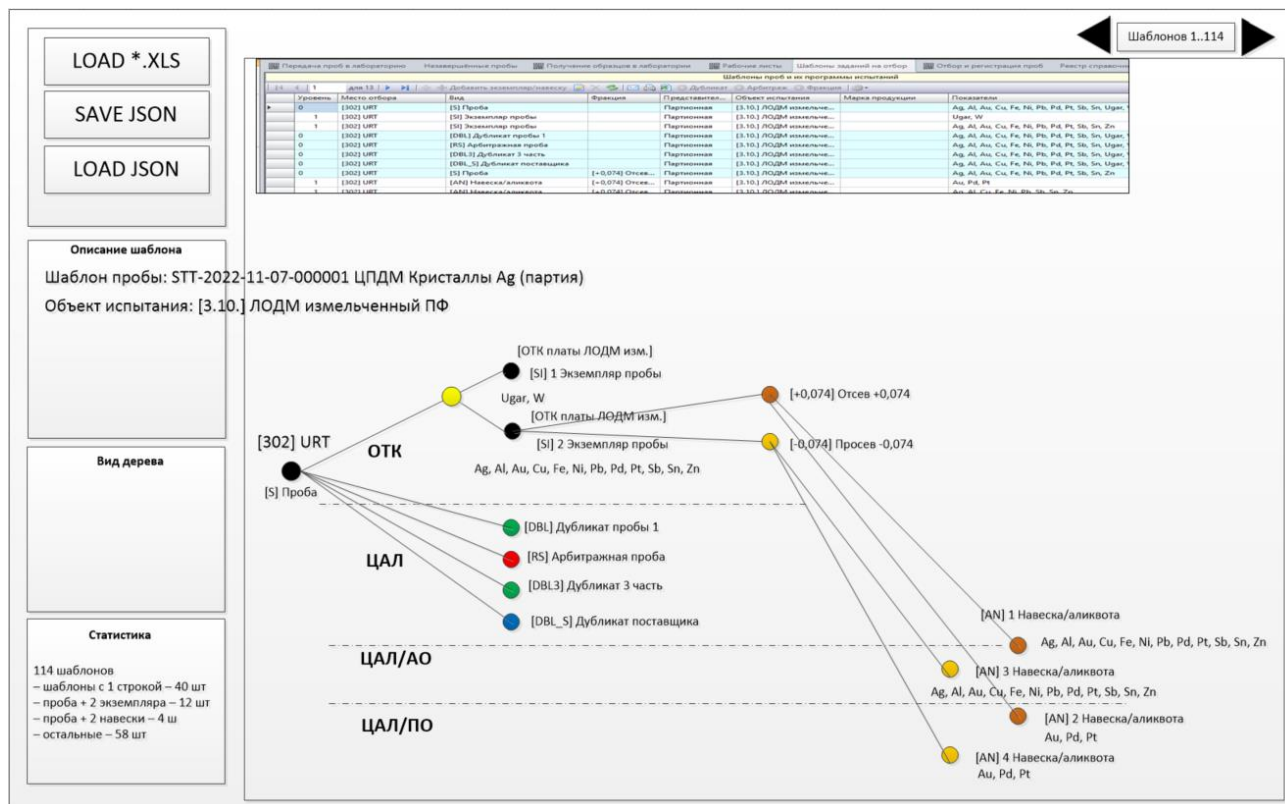


Рисунок 10 – Главная форма программы визуализации шаблона пробы

Выводится статистика по шаблонам проб.

Например:

114 шаблонов

- шаблоны с 1 строкой – 40 шт
- проба + 2 экземпляра – 12 шт
- проба + 2 навески – 4 шт
- остальные – 58 шт

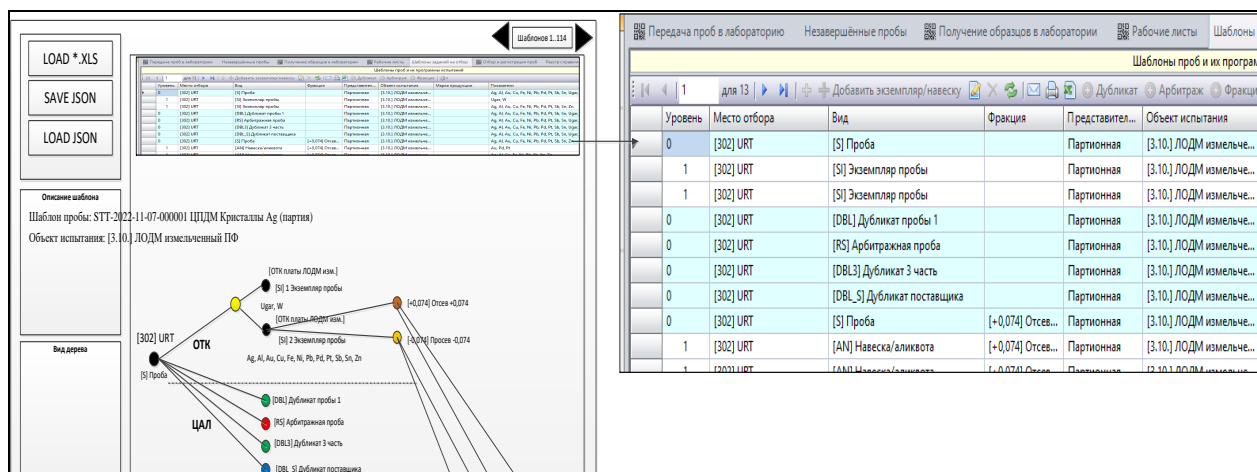


Рисунок 11 – Режимы отображения шаблона пробы в виде записей в БД и дерева

### ПЗ2.3 Режимы отображения JSON

#### ПЗ2.3.1 Необработанный JSON

```

1  {
2
3
4  "Уровень": 0,
5  "Место отбора": "[302] URT",
6  "Вид": "[S] Проба",
7  "Представительность пробы": "Партионная",
8  "Объект испытания": "[3.10.] ЛОДМ измельченный Пф",
9  "Показатели": "Ag, Al, Au, Cu, Fe, Ni, Pb, Pd, Pt, Sb, Sn, Ugar, W, Zn",
10 "Программа испытаний": "[ОТК платы ЛОДМ изм.] Расчет по 2 фракциям ОТК для Электронные платы, ЛОДМ измельченный",
11 "Отдел ответственный за испытания": "[ОТК] Отдел контроля готовой продукции и сырья",
12 "Ид.": 5
13 },
14 {
15 "Уровень": 1,
16 "Место отбора": "[302] URT",
17 "Вид": "[SI] Экземпляр пробы",
18 "Представительность пробы": "Партионная",
19 "Объект испытания": "[3.10.] ЛОДМ измельченный Пф",
20 "Показатели": "Ugar, W",
21 "Программа испытаний": "[ОТК платы ЛОДМ изм.] Расчет по 2 фракциям ОТК для Электронные платы, ЛОДМ измельченный",
22 "Отдел ответственный за испытания": "[ОТК] Отдел контроля готовой продукции и сырья",
23 "Ид.": 294
24 },
25 {
26 "Уровень": 1,
27 "Место отбора": "[302] URT",
28 "Вид": "[SI] Экземпляр пробы",
29 "Представительность пробы": "Партионная",
30 "Объект испытания": "[3.10.] ЛОДМ измельченный Пф",
31 "Показатели": "Ag, Al, Au, Cu, Fe, Ni, Pb, Pd, Pt, Sb, Sn, Ugar, W, Zn",
32 "Программа испытаний": "[ОТК платы ЛОДМ изм.] Расчет по 2 фракциям ОТК для Электронные платы, ЛОДМ измельченный",
33 "Отдел ответственный за испытания": "[ОТК] Отдел контроля готовой продукции и сырья",
34 "Ид.": 295
35 },
36 {
37 "Уровень": 0,
38 "Место отбора": "[302] URT",
39 "Вид": "[DBL] Дубликат пробы 1",
40 "Представительность пробы": "Партионная",
41 "Объект испытания": "[3.10.] ЛОДМ измельченный Пф",
42 "Показатели": "Ag, Al, Au, Cu, Fe, Ni, Pb, Pd, Pt, Sb, Sn, Ugar, W, Zn",
43 "Программа испытаний": "[Платы] Электронные платы, ЛОДМ",
44 "Отдел ответственный за испытания": "[ЦАЛ] Центральная аналитическая лаборатория",
45 "Ид.": 330
46 },
47 {
48 "Уровень": 0,
49 "Место отбора": "[302] URT",
50 "Вид": "[RS] Арбитражная проба",
51 "Представительность пробы": "Партионная",
52 "Объект испытания": "[3.10.] ЛОДМ измельченный Пф",
53 "Показатели": "Ag, Al, Au, Cu, Fe, Ni, Pb, Pd, Pt, Sb, Sn, Ugar, W, Zn",
54 "Программа испытаний": "[Платы] Электронные платы, ЛОДМ",
55 "Отдел ответственный за испытания": "[ЦАЛ] Центральная аналитическая лаборатория",
56 "Ид.": 331
57 },

```

Рисунок 12 – Необработанный JSON из файла импорта \*.xls

```
[
  {
    "Уровень 0":{
      "Место отбора":"[305] *ЦПС",
      "Вид":"[S] Проба",
      "Представительность пробы":"Партионная",
      "Объект испытания":"[3.13.] Лом цветных металлов медь M1",
      "Показатели":"Al, Cu, Fe, Ni, Pb, Sn, W, Zn, Zasor, Ugar",
      "Программа испытаний":"[Cu_лом] Медный лом",
      "Отдел ответственный за испытания":"[ЦАЛ] Центральная аналитическая лаборатория",
      "Ид.":10
    },
    "Уровень 1":[
      {
        "Вид":"[SI] Экземпляр пробы",
        "Представительность пробы":"Партионная",
        "Объект испытания":"[3.13.] Лом цветных металлов медь M1",
        "Показатели":"Al, Cu, Fe, Ni, Pb, Sn, Zn",
        "Программа испытаний":"[Cu_лом] Медный лом",
        "Отдел ответственный за испытания":"[ЦАЛ] Центральная аналитическая лаборатория",
        "Ид.":290
      },
      {
        "Вид":"[SI] Экземпляр пробы",
        "Представительность пробы":"Партионная",
        "Объект испытания":"[3.13.] Лом цветных металлов медь M1",
        "Показатели":"W, Zasor, Ugar",
        "Программа испытаний":"[Cu_лом] Медный лом",
        "Отдел ответственный за испытания":"[ОТК] Отдел контроля готовой продукции и сырья",
        "Ответственный за испытания":"Тимоничева Евгения Вадимовна",
        "Ид.":291
      }
    ]
  }
]
```

Рисунок 13 – Пример необработанного JSON для шаблона пробы «... Лом цветных металлов медь M1 »

## П32.3.2 Обработанный JSON с учётом бизнес-процессов

## Правила для построения обработанного JSON

- 1) S – проба всегда одна, а не три штуки, как в Экселе
- 2) сначала идет разделка пробы в ОТК там делают 2 экземпляра один для влаги второй – для химэлементов
- 3) дубликаты, арбитраж, проба поставщику – передаются на склад лаборатории ЦАЛ; они просто лежат
- 4) если есть фракции, их сначала делают в ОТК, потом передают отсев и просев в ЦАЛ
- 5) каждую фракцию делят на 2 части и по-разному испытывают – на ДМ – после плавильного отделения – на остальные химэлементы – в аналитическом отделении

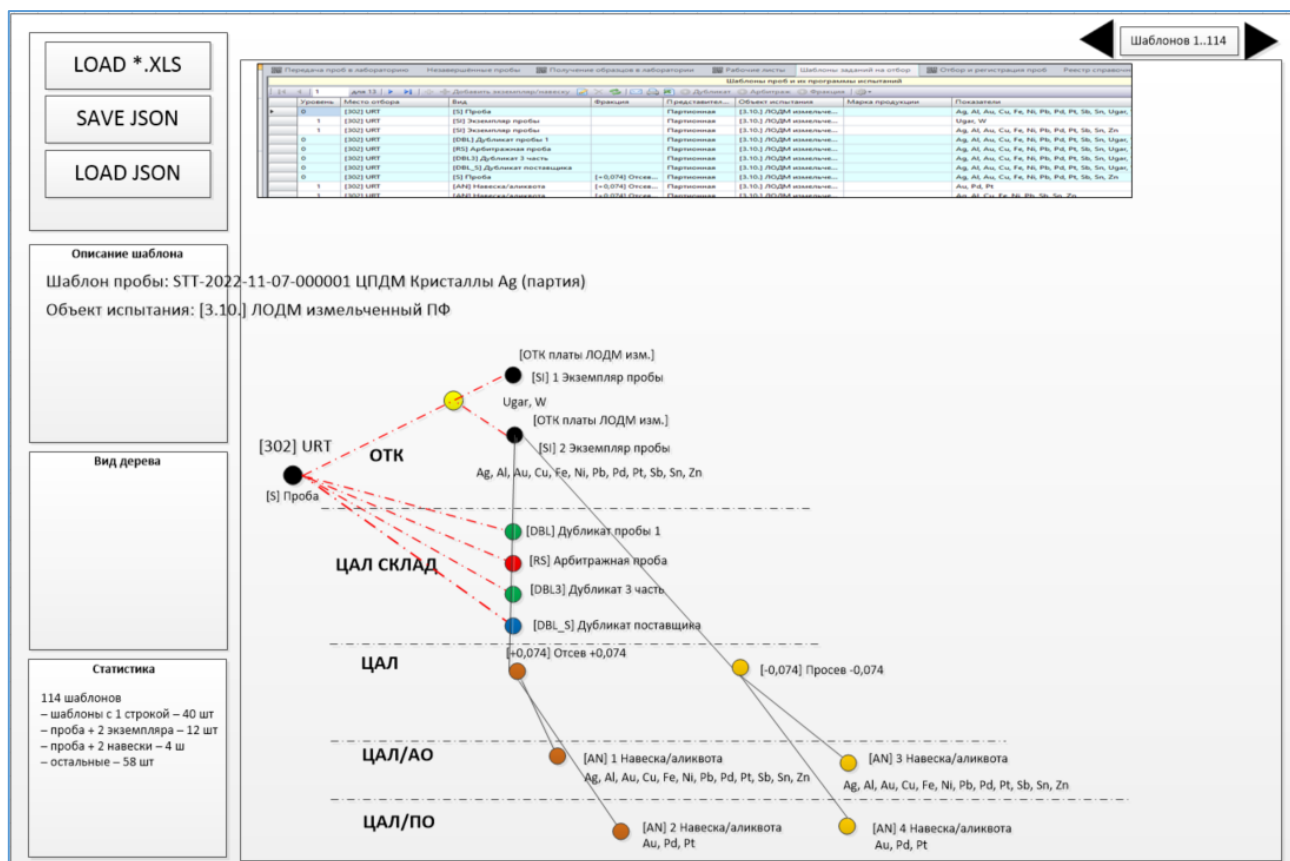


Рисунок 14 – Эскиз «дерева», построенного по необработанному JSON

- 1) Красным показаны связи, информация о которых отсутствует в \*.xls и необработанном JSON
- 2) Дубликаты, арбитраж и поставщику разместили в ЦАЛ СКЛАД, информация в \*.xls и необработанном JSON также отсутствует

Обработанный JSON с учётом бизнес-процессов представлен на рис. «Обработанный JSON». Цель – построить правильное дерево – см. рис. «Главная форма программы визуализации шаблона пробы».

#### 4 Выводы и предложения

##### *Предложения по актуальной программе исследований*

- 1 Разработать постановку задачи (ПЗ1)
- 2 Разработать модель (МД1)
- 3 Разработать постановку задачи (ПЗ2)
- 4 Разработать методику для оценки эффективности организации, разработки и эксплуатации информационного и специального программного обеспечения для интеграции АСУТП металлургического комбината и лабораторной информационной менеджмент-системы (МТ1)
- 5 Разработать стенд (аппаратную часть и ПО) для п. 4
- 6 Выполнить моделирование на стенде, включая различные сценарии интеграции АСУТП и ЛИМС
- 7 Предложить варианты бюджетов, сроков и типовых команд для внедрения и эксплуатации ИО и ПО интеграции АСУТП и лабораторных информационных менеджмент-систем

##### *Предложения по созданию стенда*

- 1 Развернуть терминальный сервер с установленным клиентским приложением и удалённым доступом
  - 1) клиентские приложения
    - Web-клиент (REST API, коннект к серверу PCУБД, коннект к NoSQL)
    - Desktop-клиент (коннект к серверу PCУБД, коннект к NoSQL)
  - 2) сервер PCУБД – Postgres Pro Standard 15.2.1
  - 3) Web-сервер для REST-приложения
    - формирует в браузере функционал, аналогичный Web-клиенту (1), при прямом обращении по адресу;
    - нужен для функционирования Web-клиента (2) при его запуске с терминального доступа (RDP)
  - 4) сервер NoSQL, например, MongoDB
  - 5) SQL-клиент с коннектом PCУБД
- 2 Возможности стенда
  - 1) PCУБД реализует 2 независимых БД (разные схемы)
    - за предприятие
    - за нашу разрабатываемую (испытываемую) ЛИМС
  - 2) NoSQLБД – аналогично
  - 3) в перспективе на стенде д.б. установлены
    - брокер сообщений, например, RabbitMQ
    - потоковый брокер Apache Kafka
    - потоковый брокер Apache NiFi
- 3 Клиенты отображают содержимое БД, загружают-выгружают данные в/из БД в форматах csv, Excel, JSON, XML
- 4 Экранные формы и схема PCУБД прилагаются
- 5 Доступ к терминальному серверу и СПО

Таблица 3 – Пример ролевой модели и санкционированного доступа к стенду (выписка)

	RDP	Клиенты	PCУБД и SQL-кл	Остальное
Инженер-исследователь	admin	admin	admin	admin
Неавторизованный пользователь	нет	Web-клиент с правами guest Desktop-клиент в «песочнице» с правами quest	нет	нет

<b>АСУТП</b> - доменный цех (МК) <input checked="" type="checkbox"/> - ГК <input type="checkbox"/> - ЦПС (ЛОДМ) <input type="checkbox"/> - НПЗ <input type="checkbox"/>	<b>Архитектура хранилища данных ЛИМС</b> - клиент-сервер PCУБД <input type="checkbox"/> - клиент-сервер NoSQL <input type="checkbox"/> - ETL/ELT <input type="checkbox"/>	<b>Архитектура клиента ЛИМС</b> - тонкий клиент <input type="checkbox"/> - трёхзвенный клиент <input type="checkbox"/>	<b>Архитектура приложения</b> - монолит <input type="checkbox"/> - mSA <input type="checkbox"/> - Webservice <input type="checkbox"/> - Webservice + proxy <input type="checkbox"/>	<b>Интеграция</b> - Шаблоны интеграции <input type="checkbox"/> - ESB <input type="checkbox"/> - Webservice REST <input type="checkbox"/> - Webservice RPC <input type="checkbox"/> - PCУБД <input type="checkbox"/> - MQ <input type="checkbox"/> - Kafka <input type="checkbox"/> - ETL/ELT <input type="checkbox"/>
---	--	--	---	--

<b>НСИ</b> Физические лица Должностные лица Производство ОТК Лаборатория Участки отбора <b>Номенклатура</b> Места отбора Методики испытаний (НД) Методы испытаний Параметры методов	<b>Управление испытаниями</b> КХА Программы испытаний Этапы испытаний Контролируемые параметры Шаблоны заданий на отбор проб Схема пробоподготовки Схема и маршруты экземпляров, навесок/аликвот, фракций, дубликатов и арбитража Типы операций	<b>Проведение испытаний</b> Операции Формулы Рабочие листы Комплект РЛ Расчёт РЛ Расчет комплекта Результаты Протоколы Утверждение Отчёты	<b>Статистика и анализ</b> Все пробы Незавершённые Бракованные	<b>Интеграция</b> Моделирование ХА (ЭФ2) Результаты
--	---	---	---	--

Рисунок 15 – Главное меню моделирующего стенда (в виде браузерного или Desktop-приложения)



Атлас шаблонов проб, (с) 2023 в. 1.1 от 14.05.2023 А. Катенин

Init0 MK НПЗ ЛОДМ Все ЦПС URT ЛОДМ Настройки Цвета Экз Фракции Старт

Загрузить из ЛИМС Загрузить из JSON Сохранить в JSON

Участки отбора и разделка

ЦПС

ПЦ ЦЭМ ЭНРГЦ ЦПДМ

Места отбора

ОТК

ЦАЛ ПО АО Склад

Статистика

ШАБЛОНОВ ЦПС: 20

с фракциями: 7

ТИПОВ: 9

типов с фракциями: 6

ВСЕГО 114

однострочные 40

Подробнее

ЛОДМ

ЦПС

URT

ЛОДМ измельченный ПФ

Передать пробы в лабораторию Незавершенные пробы Получить образцы в лабораторию

Уровень	Место отбора	Вид	Фракция	Предс
0	[302] URT	[S] Проба		Партн
1	[302] URT	[SI] Экземпляр пробы		Партн
1	[302] URT	[SI] Экземпляр пробы		Партн
0	[302] URT	[DBL] Дубликат пробы 1		Партн
0	[302] URT	[RS] Арбитражная проба		Партн
0	[302] URT	[DBL3] Дубликат 3 часть		Партн
0	[302] URT	[DBL_S] Дубликат поставщика		Партн
0	[302] URT	[S] Проба	[+0,074] Отсев...	Партн

ЦАЛ СКЛАД

ЦПС URT ЛОДМ измельченный ПФ

Рисунок 16 – Главная форма программы «Атлас шаблонов проб» для предприятия типа «ЛОДМ»

Этапы испытаний и контролируемые параметры в ОТК и ХА

Import from... Excel CSV JSON XML Export to... Excel CSV JSON XML Настроить цвета Ag Al Zn

Этапы испытаний	Статистика	Гравиметрия ОТК	ХА
Этап испытаний * 1	Угольный сорбент ПА с учетом масс фракций	Фракций ШЭ	Операций Формул КП Organ W Zasor Ugar Z(Зол) Ag Al As Au Bi
Этап испытаний * 2	Золотосодержащая с учетом масс фракций	2	21 6 7 Organ W
Этап испытаний * 3	для пыли с учетом массы фракций	2	18 5 6 W
Этап испытаний * 4	для пыли аспирации с учетом массы фракций	2	24 7 8 W
Этап испытаний * 5	ЛОДМ с учетом масс фракций	2	51 16 17 Organ W
Этап испытаний * 6	Щепа золотосодержащая с учетом масс фракций	2	39 12 14 W
ИСП. Уголь активированный	ЩЕП. Уголь активированный, некондиц. сорбент...	7	48 5 6 W
Уголь ПА (Ag, Au)	Уголь активированный, влага, зольность, органика (3 экз)	ШЭ2	18 4 8 Organ W
Уголь активированный, сера общая	Уголь активированный, сера общая	ШЭ2	10 2 8 Organ W
Кислород в сплавах	Кислород в сплавах	ШЭ3	9 2 8 Organ W
Медный лом	Медный лом	ШЭ3	6 3 8 Organ W
ЛОДМ (Al Ag Cu Zn Fe Ni Sn Pb Sb)	ЛОДМ (Al Ag Cu Zn Fe Ni Sn Pb Sb)	ШЭ2	4 1 8 Organ W
ИСП. Шлаки пыль (Ag Cu)	ИСП. Шлаки пыль (Ag Cu)	ШЭ2	1 12
Органика	Органика	ШЭ2	8 12
РФА. Пыль	РФА. Пыль	ШЭ3	38 9 12
[RFA.ШП] РФА. Шлак и пыли (все)	[RFA.ШП] РФА. Шлак и пыли (все)	ШЭ2	10 2 12
[ДМ ПА+ИСП] Определение ДМ методом ИСП с предварительной конц. пробирным методом	[ДМ ПА+ИСП] Определение ДМ методом ИСП с предварительной конц. пробирным методом	ШЭ3	4 1 17 Organ W
Влага в пробе - авт. весы I	Влага в пробе - авт. весы I	ШЭ3	28 7
[ОТК.WU] Влага, угар в пробе - авт. весы I	[ОТК.WU] Влага, угар в пробе - авт. весы I	ШЭ3	64 11 12
[ОТК.WZU] Влага, засор, угар в пробе - авт. весы I	[ОТК.WZU] Влага, засор, угар в пробе - авт. весы I	ШЭ1	12 3 14 W
		ШЭ1	3 1 16 W
		ШЭ1	5 2 14 W
		ШЭ1	7 3 1 Zasor Ugar

Этапов испытаний: 22 Типов фракций: 13 Фракций: 17 Операций: 428... Формул: 102 КП: 227

Рисунок 17 – Этапы испытаний и контролируемые параметры в ОТК и при ХА в сценарии интеграции АСУТП и ЛИМС предприятия по переработке ЛОДМ

По мнению авторов обсуждение и после коррекции реализация данных предложений позволят решить ранее выявленную комплексную проблему (1-6) в необходимой степени.

### ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ

ГРА	–	гравиметрический анализ
ИО	–	информационное обеспечение
МО	–	математическое обеспечение
ОЭЭО	–	отходы электронного и электротехнического оборудования
ПО	–	программное обеспечение
ХА	–	химический анализ
ХЭ	–	химический элемент
SaaS	–	Software as a Service

### ПЕРЕЧЕНЬ ССЫЛОЧНЫХ ДОКУМЕНТОВ

- 1 Лабораторно-информационная система (InduSoft Laboratory Data System), М., 2017 (ред. 01.02.2018)
- 2 Муратова Н., Выбойченко Е., Скобелев Д. Использование LIMS для целей инспекционного контроля деятельности аккредитованных испытательных лабораторий, Мир стандартов 8 (9), 2006
- 3 Блинов Д., Аксенов К., Антонова А. Перспективы развития автоматизированных систем управления на металлургических предприятиях Уральского региона
- 4 Спирин Н., Лавров В. Информационные системы в металлургии, Екатеринбург, 2004
- 5 Лунёв Р., Терентьев С. Информационные системы в АСУТП, Орёл, 2009
- 6 Токмаков Г., Актуальные проблемы разработки информационного и лингвистического обеспечения современных АСУ и пути их решения, Автоматизация процессов управления, № 4 (70), 2022
- 7 Панфёров А. Достоверные данные в реальном времени: система управления лабораторной информацией «АИСТ», Аналитика, т. 9, № 2, 2019, <https://www.j-analytics.ru/journal/article/7386>, Дата обращения: 15.05.2023
- 8 Ермаков С., Яцына Ю. Выбор программного обеспечения для испытательной лаборатории // Сервис plus. 2021. Т.15. №4. С. 96-102. DOI: 10.24412/2413-693X-2021-4-96-102, <https://elibrary.ru/item.asp?id=47654448>, Дата обращения: 15.05.2023
- 9 Мобильный клиент ЛИМС «АИСТ», <https://lims-aist.ru/#m94bbb-c158>, Дата обращения: 15.05.2023
- 10 <https://www.kommersant.ru/doc/5305229>, Дата обращения: 15.05.2023
- 11 <https://weblims.ru/>, Дата обращения: 15.05.2023
- 12 Лабораторное сито 0.45 мм, [https://www.nv-lab.ru/catalog\\_info.php?ID=6757](https://www.nv-lab.ru/catalog_info.php?ID=6757), Дата обращения: 27.06.2023