Анализ требований к лабораторным информационным менеджмент-системам металлургических комбинатов

А. Катенин, к.т.н, АО «ГНИНГИ»
Н. Лиманский
В. Милушков

Ключевые слова: нефункциональные требования, функциональные требования, управление требованиями, лабораторная информационная менеджмент-система, информационное и программное обеспечение АСУТП и ЛИМС металлургических комбинатов

Целью данной статьи является актуализация функциональных требований к лабораторным информационным менеджмент-системам металлургических комбинатов. Приведены примеры номенклатуры продуктов комбинатов чёрной металлургии и предприятия по переработке отходов электронного и электротехнического оборудования.

Полученный практический результат, список функциональных требований применительно к конкретной номенклатуре, используется для решения научной задачи анализа технических решений по интеграции существующих АСУТП металлургических комбинатов и других производств и лабораторных информационных менеджмент-систем с учётом возможностей современных архитектур программного обеспечения.

В работе [1] выявлены потребности и «узкие места» бизнес-процессов металлургического комбината, в первую очередь, доменного производства и центральной аналитической лаборатории, которые могут быть оптимизированы или учтены внедрением лабораторной информационной менеджмент-системы. Практический результат новой статьи – перечень функциональных требований к ЛИМС МК.

В статье используются следующие определения.

Таблица 1 – Список основных понятий (тезаурус разработчика)

Архитектура	(ГОСТ 57100-2016) основные свойства системы в окружающей среде, воплощенные в уё элементах, отношениях и конкретных принципах её проекта и развития [6]; A={системные компоненты или элементы, устройство и взаимосвязь системных элементов, принципы организации, принципы управления развитием системы в её жизненном цикле}
Интеграция	(информационных систем) сопряжение по данным и управлению ИС
Интерфейс (ИС)	программа и/ли способ организации взаимодействия пользователя с ИС
Интерфейс (ЯВУ)	ссылочный тип (C#)
Качество интеграции	степень интеграции и её количественная оценка
Критерий эффективности	правило (например, максимизация) для оценки или достижения заданного уровня качества «Эффективность»; прирост полезного эффекта
Показатель эффективности	переменная (характеристика) для описания правила, а также уровень, достижение которого характеризует достоверность суждения о выполнении правила
Стек технологий	набор технических средств и организационных процедур в ИС
Тулчейн	набор инструментов программирования для разработки ПО; может включать окружение, редакторы с подсветкой синтаксиса,

	компиляторы, редакторы ресурсов, средства коллективной разработки, контроля версий, тестирования, доставки на продуктовый контур
Хорошая практика	практические способы организации производства и эксплуатации ИС, как правило, позволяющие достичь целевого эффекта при заданных ресурсах и ограничениях
Шаблон (паттерн) проектирования	архитектурный принцип в ИС, применение которого гарантирует заданные поведение ИС и уровень характеристик

1 Функциональные требования к клиентам ЛИМС

Здесь и далее предполагаем, что на предприятии, где внедряется ЛИМС, существуют подразделения, выполняющие следующие бизнес- и/или технологические процессы:

– управление испытаниями;

– проведение испытаний;

– регистрацию и отбор проб;

– пробоподготовку, включая разделку проб;

– основной лабораторный процесс, включая гравиметрические измерения (ГРА) и химический анализ (ХА);

– маршрутизацию проб и частей проб, в т. ч. направление на испытания;

– контроль, включая внутрилабораторный контроль (ВЛК) и внутренний оперативный контроль (ВОК);

– другие процессы, включая ведение нормативно-справочной информации (НСИ) по бизнес- и технологическим процессам и нормативной документации (НД) по методам измерений и методикам анализа, учёт лабораторного оборудования и ТМЦ, регистрацию и создание отчётов и пр.

На предприятиях, как правило, выделяют производственные подразделения (цеха), включая цех или отдел приёма сырья или его аналог, а также два типа непроизводственных подразделений – по контролю качества сырья, техпроцессов, готовой продукции и по выполнению основной лабораторной деятельности (химического анализа).

В рамках статьи назовём непроизводственные подразделения первого типа отделом технического контроля (ОТК), второго – центральной аналитичекой лабораторией (ЦАЛ). Известны и другие названия, например, пробирно-аналитическая лаборатория (ПАЛ) [3, 8, 9]; центральная заводская лаборатория (ЦЗЛ), химико-аналитическая лаборатория (ХАЛ) [7] и т.п. Названия, структура и распределение функционала на предприятиях могут отличаться, основной смысл – наличие подразделений для выполнения вышеназванных процессов.

Таблица 2 – Функциональные требования к клиентам ЛИМС

	Стандартный Desktop-клиент (АРМ)	**Упрощённый клиент для цеха приёмки сырья и производственных цехов**		**Мобильное приложение**	**SaaS (в статье не рассматривается)**
		Desktop (Терминал)	**Броузерное приложение**		
GUI				Адаптированный под смартфон	–
Состав автоматизируемых функций	В полном объёме	Отбор проб для роли «Пробоотборщик цеха № 1», Передача пробы в ОТК, Прямая передача в ЦАЛ		Отбор проб для роли «Пробоотборщик цеха № 1», Передача пробы в ОТК, Прямая передача в ЦАЛ	В полном объёме
Стек технологий и тулчейн (НФТ, влияющие на функционал)	NET 7.0 (8.0) Каркас: Windows Forms		Wasm	Xamarin Cross-разработка для Windows, Linux, Android в каркасе ...	–
Визуализация, анализ и статистика шаблонов проб	В полном объёме	Частично	Частично	Нет	В полном объёме
Ввод, учёт и проверки контролируемых параметров	В полном объёме	В полном объёме, функционал скрыт от пользователя по умолчанию	В полном объёме, функционал скрыт от пользователя по умолчанию	Нет	В полном объёме
Современный расчёт по формулам в формате систем компьютерной алгебры и мат. нотаций	Расчёт: СКА (Maple, Matlab и пр.); Excel, Py Визуализация: TeX(LaTeX, MathML)	Нет	Нет	Нет	Нет

Примечание:	1	Стек технологий и тулчейн на примере ЯВУ C#
	2	Системы SaaS типа LIMS by WRClab [4] на рассматриваются
	3	Вариант реализации броузерного приложения – броузер с Wasm или рантайм Wasm [5]

1.1 Графический пользовательский интерфейс

С точки зрения архитектуры уместно выделить следующие типы приложений:
– Descktop-клиента полного функционала (АРМ);
– упрощённый клиент с минимумом технологических операций;
– мобильное приложение;
– служба SaaS (CDR и пр.).

Упрощенный клиент может быть реализован в виде:
– Descktop-клиента для запуска на планшетах, защищённых ПЭВМ, информационных стойках в цехе;
– броузерного приложения.

1.1.1 Клиент полного фунционала

Как правило, АРМ содержит наиболее полный набор модулей. Примеры типовых модулей примедены в таблицах 2, 3.

Таблица 3 – Состав модулей ЛИМС АИСТ в. 1.0.2.95 [2]

№	Модуль	Функционал
1	Персонал	Личные данные, допуска, медосмотры
2	Оборудование	ЖЦ оборужования, регламентные работы, документация
3	Безопасность оборудования	Параметры эксплуатации, ксловия функционирования
4	Помещения	Допуск сотрудников, размещение оборудования, окр. среда
5	СО и пробы...	ТМЦ
6	Интеграция с КИС...	MES, ERP
7	НСИ	Методики, ГОСТы – не НСИ, а НД!
8	СМК	Инциденты, паспорт рисков
9	Мобильный клиент	Устройства на ОС Android
10	Планирование	Назначение проб на испытание, график-работы, загруженность
11	Аккредитация	Актуальные формы для аккредитации

Таблица 4 — Упорядоченный по этапам основного процесса испытаний и настройкам список целевых модулей ЛИМС АИСТ в. 2023 г. (по информации авторов)

№	Модуль	Функционал
1	Управление испытаниями	
2	Проведение испытаний	new!!!
3	ВЛК	new!!!
4	ТМЦ	
5	Управление персоналом	
6	Учёт лабораторного оборудования	
7	Учёт помещений	
8	Отчётность	new!!!
9	Аккредитация	
10	Нормативная документация	new!!!
11	СМК	
12	Управление пользователями	new!!!
13	Личный кабинет	new!!!
14	Управление системой	Регистр НСИ, ...

Варианты управляющих элементов броузерного приложения представлены на рис. 1, 2. Данный графический пользовательский интерфейс реализован на стенде методики для оценки эффективности

организации и ведения специализированного информационного и программного обеспечения интеграции АСУТП МК и ЛИМС [https://sohoware.ru/lims/].

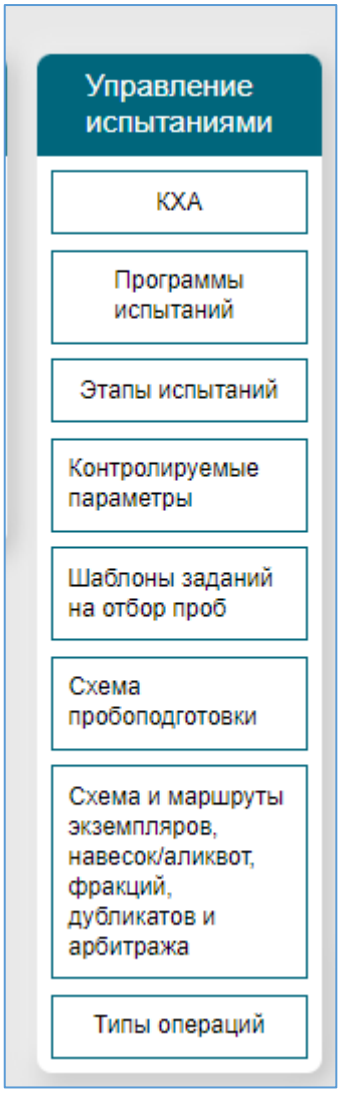

Рисунок 1 – Управляющие элементы группы «Управление испытаниями»

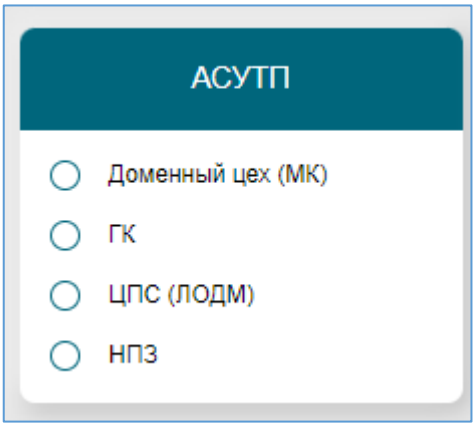

Рисунок 2 – Выбор типа предприятия

1.1.2 Упрощённый клиент

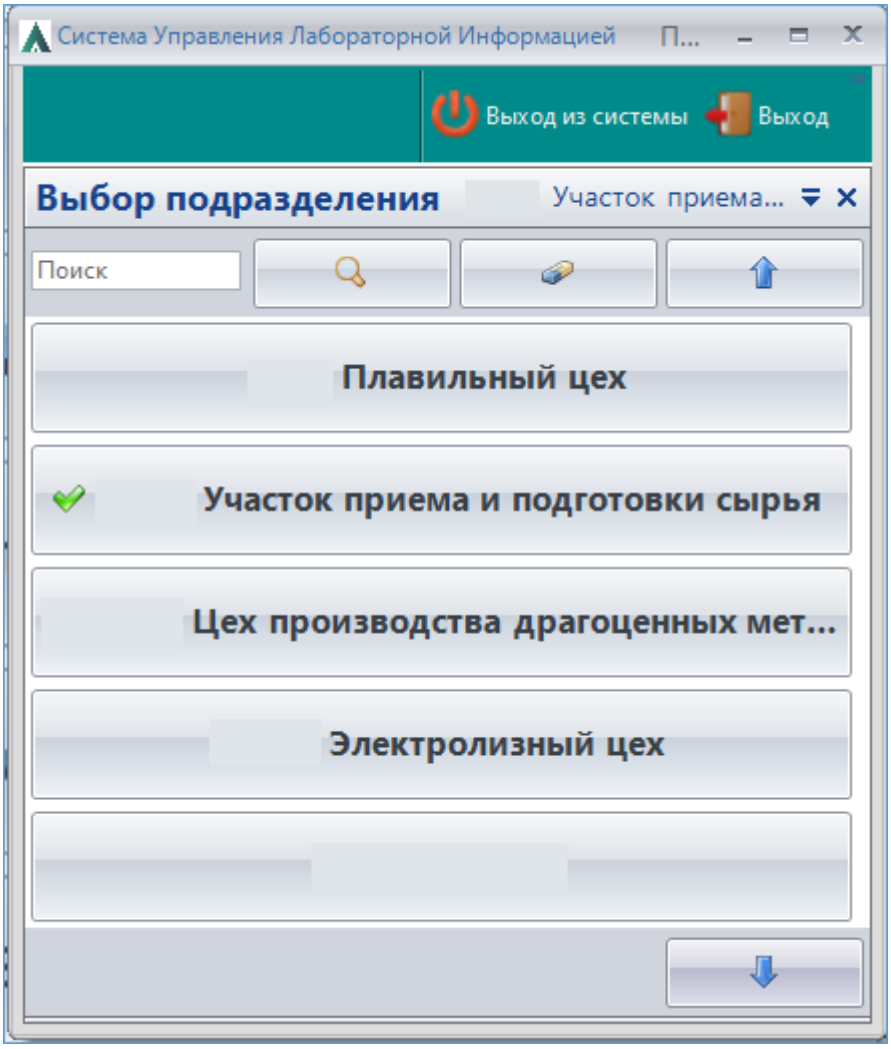

Рисунок 3 – Упрощённый клиент Desktop (терминал)

1.1.3 Мобильный клиент

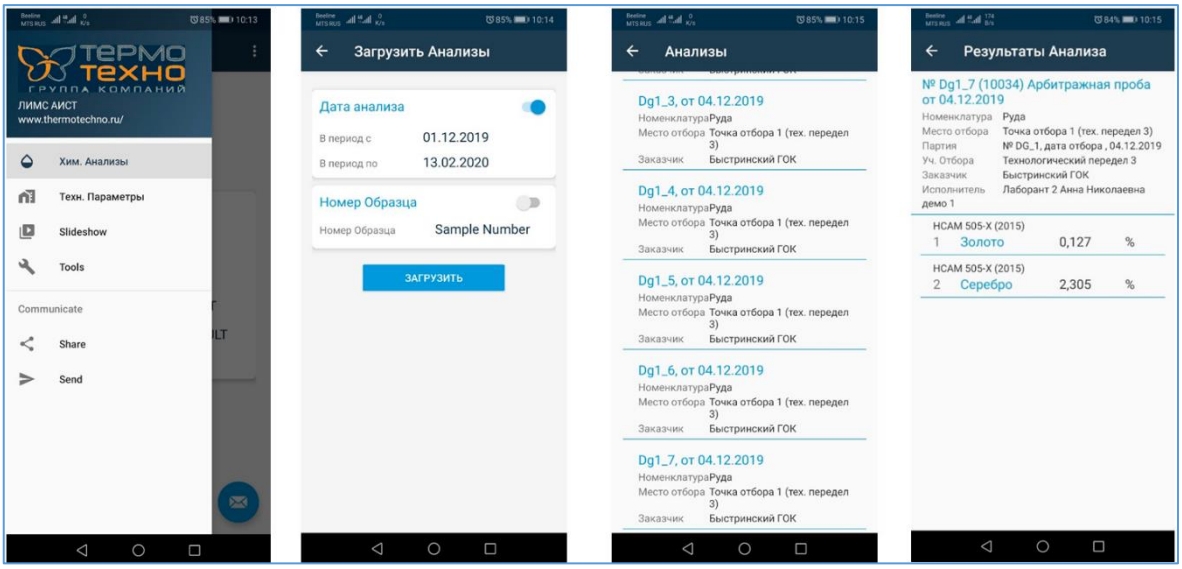

Рисунок 4 – Мобильный клиент ЛИМС «АИСТ», Android, в. 2020 г. [2]

1.2 Автоматизируемые функции

1.3 Стек технологий

1.4 Визуализация, анализ и статистика шаблонов проб

Используем следующие термины и их определения.

ЛИМС	
Арбитраж	Арбитраж – претензия со стороны заказчика на результаты испытаний. Анализ арбитражной пробы может производится как своими силами, так и силами сторонней лаборатории. Арбитражная проба по исходным характеристикам должна быть идентична аналитической, т.е. чаще всего это проба после пробоподготовки
Список шаблонов	список щаблонов заданий на отбор проб
Шаблон задания на отбор проб	в данном случае <Название шаблона, материал, доп. сведения>
Шаблон пробы	формализованная схема разделки пробы, пробоподготовки и испытаний
ЧЁРНАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ	
Аглоотсев	материал, который образуется в процессе грохочения перед дозировкой Качканарского агломерата в шихту доменных печей № 5 и 6 (на примере 10])
Аспирационная пыль	образуется в сухих электрофильтрах систем аспирации литейных дворов и подбункерных помещений доменных печей № 5 и 6
Колошниковая пыль	образуется на первой ступени очистки доменных газов в пылеуловителе
Материальный баланс, кг	расчёт прихода и выхода материалов в технологических процессах
Тепловой баланс, кДж	расчёт прихода и выхода тепла в технологических процессах
Химический состав	набор контролируемых химических элементов в продукте
Шлам ЦУШ	образуется в процессе мокрой очистки технологических газов доменного и конверторного цехов
СКШ	является вторичным продуктом при переделе полупродукта (чугуна после деванадации) в сталь

1.4.1 Учёт специфики проб автоматизируемого предприятия

Номер шаблона	Наименование шаблона	Автор	Статус документа	Организация	Подразделение	Подр. отв. за подготовку проб	Контролер (пробоотборщи	Тип пробы	Участок отбора	Описание
S	М Кристаллы Ag (партия)	I	[003] Утвержден		[Л] Цех п...	[ОТК] Отдел ко...		Готовая проду...	Цех производс...	см. также STT-
S	ЛОДМ измельченный ПФ	I	[003] Утвержден		Участок...	[ОТК] Отдел ко...		Сырье	Участок приём...	
S	Лом цветных металлов медь		[003] Утвержден		Участок...	[ОТК] Отдел ко...		Сырье	Участок приём...	
S	Лом цветных металлов медь		[003] Утвержден		Участок...	[ОТК] Отдел ко...		Сырье	Участок приём...	
S	Лом цветных металлов медь		[003] Утвержден		Участок...	[ОТК] Отдел ко...		Сырье	Участок приём...	
S	Лом цветных металлов медь		[003] Утвержден		Участок...	[ОТК] Отдел ко...		Сырье	Участок приём...	
S	Лом цветных металлов медь		[003] Утвержден		Участок...	[ОТК] Отдел ко...		Сырье	Участок приём...	
S	Лом цветных металлов медь		[003] Утвержден		Участок...	[ОТК] Отдел ко...		Сырье	Участок приём...	
S	Лом цветных металлов медь		[003] Утвержден		Участок...	[ОТК] Отдел ко...		Сырье	Участок приём...	
S	Лом цветных металлов медь		[003] Утвержден		Участок...	[ОТК] Отдел ко...		Сырье	Участок приём...	
S	Некондиционный сорбент		[003] Утвержден		Участок...	[ОТК] Отдел ко...		Сырье	Участок приём...	
S	Огарок из некондиционного сор...		[001] Проект		Участок...	[ОТК] Отдел ко...		Пробы углей	Участок приём...	
S	Пыль аспирации		[003] Утвержден		Участок...	[ОТК] Отдел ко...		Технологическ...	Участок приём...	
S	Пыль		[003] Утвержден		Участок...	[ОТК] Отдел ко...		Технологическ...	Участок приём...	
S	Пыль		[003] Утвержден		Участок...	[ОТК] Отдел ко...		Технологическ...	Участок приём...	
S	Сечка ПФ		[003] Утвержден		Участок...	[ОТК] Отдел ко...		Сырье	Участок приём...	
S	Сечка ПФ		[003] Утвержден		Участок...	[ОТК] Отдел ко...		Сырье	Участок приём...	
S	Щепа золотосодержащая		[003] Утвержден		Участок...	[ОТК] Отдел ко...		Сырье	Участок приём...	
S	Зола золотосодержащая		[003] Утвержден		Участок...	[ОТК] Отдел ко...		Пробы углей	Участок приём...	
S	ЛОДМ		[003] Утвержден		Участок...	[ОТК] Отдел ко...		Сырье	Участок приём...	2 навески для ХА
S	М Абсорбция футеровки		[003] Утвержден		[Цех п...	[ОТК] Отдел ко...		Технологическ...	Цех производс...	
S	М Бой тиглей		[003] Утвержден		[Цех п...	[ОТК] Отдел ко...		Технологическ...	Цех производс...	
S	М Пыль циклона I		[003] Утвержден		[Цех п...	[ОТК] Отдел ко...		Технологическ...	Цех производс...	
S	М Пыль		[003] Утвержден		[Цех п...	[ОТК] Отдел ко...		Технологическ...	Цех производс...	
S	М Пыль электрофильтра		[003] Утвержден		[Цех п...	[ОТК] Отдел ко...		Технологическ...	Цех производс...	
S	М Шлак печи		[003] Утвержден		[Цех п...	[ОТК] Отдел ко...		Технологическ...	Цех производс...	

Рисунок 5 – Пример визуализации списка шаблонов заданий на отбор проб на предприятиях цветной металлургии и ОЭЭО

Атлас | Настройки | Список | Шаблоны | НСИ | НСИ | Схожесть | Статистика | ГБД

	шт	Мест отбора: *	Видов: *	Фракций: типов *, AN *	Представительны пробы: 1	Объектов испытаний: 116	Марка продукции: *	Показатели: *	Программ испытаний: *	Отдел, ответственный за испытания:	Ответственный за испытания:
▶	*I - 21 шт	Мест отбора: *	Видов: *	Фракций: типо...	Представитель...	Объектов исп...	Марка продук...	Показатели: *	Программ исп...	Отдел, ответст...	Ответственны...
	* шт	Мест отбора: *	Видов: *	Фракций: типо...	Представитель...	Объектов исп...	Марка продук...	Показатели: *	Программ исп...	Отдел, ответст...	Ответственны...
	* шт	Мест отбора: *	Видов: *	Фракций: типо...	Представитель...	Объектов исп...	Марка продук...	Показатели: *	Программ исп...	Отдел, ответст...	Ответственны...
	* шт	Мест отбора: *	Видов: *	Фракций: типо...	Представитель...	Объектов исп...	Марка продук...	Показатели: *	Программ исп...	Отдел, ответст...	Ответственны...
	* - 4 шт	Мест отбора: 3	Видов: 1	Фракций: нет	Представитель...	Объектов исп...	Марка продук...	Показатели: 11...	Программ исп...	Отдел, ответст...	Ответственны...
	- шт	Мест отбора: *	Видов: *	Фракций: типо...	Представитель...	Объектов исп...	Марка продук...	Показатели: *	Программ исп...	Отдел, ответст...	Ответственны...
	№ 1 (STT006)	Место отбора	Вид	Фракция	Представитель...	Объект испыта...	Марка продук...	Показатели	Программа ис...	Отдел, ответст...	Ответственны...
	0	[302]	[S] Проба		Партионная	[3.10.] ЛОДМ и...		Ag, Al, Au, Cu, ...	[ОТК	[ОТК] Отдел ко...	
	1	[302]	[SI] Экземпляр ...		Партионная	[3.10.] ЛОДМ и...		Ugar, W	[ОТК	[ОТК] Отдел ко...	
	1	[302]	[SI] Экземпляр ...		Партионная	[3.10.] ЛОДМ и...		Ag, Al, Au, Cu, ...	[ОТК	[ОТК] Отдел ко...	
	0	[302]	[DBL] Дублика...		Партионная	[3.10.] ЛОДМ и...		Ag, Al, Au, Cu, ...	[П.	[ЦАЛ] Централ...	
	0	[302]	[RS] Арбитраж...		Партионная	[3.10.] ЛОДМ и...		Ag, Al, Au, Cu, ...	[П.	[ЦАЛ] Централ...	
	0	[302]	[DBL3] Дублик...		Партионная	[3.10.] ЛОДМ и...		Ag, Al, Au, Cu, ...	[П.	[ЦАЛ] Централ...	
	0	[302]	[DBL_S] Дубли...		Партионная	[3.10.] ЛОДМ и...		Ag, Al, Au, Cu, ...	[П.	[ЦАЛ] Централ...	
	0	[302]	[S] Проба	[+0,074] Отсев ...	Партионная	[3.10.] ЛОДМ и...		Ag, Al, Au, Cu, ...	[П.	[ЦАЛ] Централ...	
	1	[302]	[AN] Аналит. о...	[+0,074] Отсев ...	Партионная	[3.10.] ЛОДМ и...		Au, Pd, Pt	[П.	[ЦАЛ] Централ...	
	1	[302]	[AN] Аналит. о...	[+0,074] Отсев ...	Партионная	[3.10.] ЛОДМ и...		Ag, Al, Cu, Fe, ...	[П.	[ЦАЛ] Централ...	
	0	[302]	[S] Проба	[-0,074] Просе...	Партионная	[3.10.] ЛОДМ и...		Ag, Al, Au, Cu, ...	[П.	[ЦАЛ] Централ...	
	1	[302]	[AN] Аналит. о...	[-0,074] Просе...	Партионная	[3.10.] ЛОДМ и...		Au, Pd, Pt	[П.	[ЦАЛ] Централ...	
	1	[302]	[AN] Аналит. о...	[-0,074] Просе...	Партионная	[3.10.] ЛОДМ и...		Ag, Al, Cu, Fe, ...	[П.	[ЦАЛ] Централ...	
	№ 2 (STT008)	Место отбора	Вид	Фракция	Представитель...	Объект испыта...	Марка продук...	Показатели	Программа ис...	Отдел, ответст...	Ответственны...
	0	[305]	[S] Проба		Партионная	[3.13.] Лом цве...		Al, Cu, Fe, Ni, P...		[ЦАЛ] Централ...	
	1	[305]	[SI] Экземпляр ...		Партионная	[3.13.] Лом цве...		Al, Cu, Fe, Ni, P...		[ЦАЛ] Централ...	
	1	[305]	[SI] Экземпляр ...		Партионная	[3.13.] Лом цве...		W, Zasor, Ugar		[ОТК] Отдел ко...	
	№ 3 (STT009)	Место отбора	Вид	Фракция	Представитель...	Объект испыта...	Марка продук...	Показатели	Программа ис...	Отдел, ответст...	Ответственны...
	0	[305]	[S] Проба		Партионная	[3.14.] Лом цве...		Al, Cu, Fe, Ni, P...		[ЦАЛ] Централ...	
	1	[305]	[SI] Экземпляр ...		Партионная	[3.14.] Лом цве...		Al, Cu, Fe, Ni, P...		[ЦАЛ] Централ...	
	1	[305]	[SI] Экземпляр ...		Партионная	[3.14.] Лом цве...		Ugar, W, Zasor		[ОТК] Отдел ко...	
	№ 4 (STT010)	Место отбора	Вид	Фракция	Представитель...	Объект испыта...	Марка продук...	Показатели	Программа ис...	Отдел, ответст...	Ответственны...
	0	[305]	[S] Проба		Партионная	[3.17.] Лом цве...		Al, Cu, Fe, Ni, P...		[ЦАЛ] Централ...	
	1	[305]	[SI] Экземпляр ...		Партионная	[3.17.] Лом цве...		Al, Cu, Fe, Ni, P...		[ЦАЛ] Централ...	

Рисунок 6 – Пример визуализации шаблонов проб на предприятиях цветной металлургии и ОЭЭО

Атлас | Настройки | Список | Шаблоны | НСИ | НСИ | Схожесть | Статистика | ГБД

1	2	3	4	5	ЕВРАЗ НТМК	7	8	9	10	11
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
МК - шт					МК					
шт	Наименование шаблона	Автор	Статус докуме...	Организация	Подразделение	Подр. отв. за п...	Контролер (пр...	Тип пробы	Участок отбора	Описание
шт	Наименование шаблона	Автор	Статус докуме...	Организация	Подразделение	Подр. отв. за п...	Контролер (пр...	Тип пробы	Участок отбора	Описание
*ДЦ - шт	Наименование шаблона	Автор	Статус докуме...	Организация	Подразделение	Подр. отв. за п...	Контролер (пр...	Тип пробы	Участок отбора	Описание
*КЦ - шт	Наименование шаблона	Автор	Статус докуме...	Организация	Подразделение	Подр. отв. за п...	Контролер (пр...	Тип пробы	Участок отбора	Описание
*ФЛЦ - шт	Наименование шаблона	Автор	Статус докуме...	Организация	Подразделение	Подр. отв. за п...	Контролер (пр...	Тип пробы	Участок отбора	Описание
шт	Наименование шаблона	Автор	Статус докуме...	Организация	Подразделение	Подр. отв. за п...	Контролер (пр...	Тип пробы	Участок отбора	Описание
Номер шаблона	Наименование шаблона	Автор	Статус докуме...	Организация	Подразделение	Подр. отв. за п...	Контролер (пр...	Тип пробы	Участок отбора	Описание
01 STT-	Агломерат и Окатыши		[003] Утвержден		[011] Доменны...	[010] Отдел вн...		Сырье	Доменный Цех	Отбор со с
02 STT-	Аспирационная и колошниковая пыль...		[003] Утвержден		[011] Доменны...	[010] Отдел вн...		Сырье	Доменный Цех	
03 STT-	Отсев агломерата		[003] Утвержден		[001-1] Лабора...	[010] Отдел вн...		Сырье	Доменный Цех	
04 STT-	МЖА		[003] Утвержден		[001-1] Лабора...	[010] Отдел вн...		Сырье	Доменный Цех	
05 STT-	Шламы КЦ и ДП		[003] Утвержден		[001-1] Лабора...	[010] Отдел вн...		Сырье		
06 STT-	Рудный Двор Агломерат		[003] Утвержден		[001-1] Лабора...	[010] Отдел вн...		Сырье	Доменный Цех	
07 STT-	Колошниковая пыль (с вагонов)		[003] Утвержден		[001-1] Лабора...	[010] Отдел вн...		Сырье	Доменный Цех	
08 STT-	Рудный Двор Окатыши		[003] Утвержден		[001-1] Лабора...	[010] Отдел вн...		Сырье	Доменный Цех	
09 STT-	Рудный Двор Железофлюс I		[003] Утвержден		[001-1] Лабора...	[010] Отдел вн...		Сырье	Доменный Цех	
10 STT-	Железофлюс		[003] Утвержден		[001-1] Лабора...	[010] Отдел вн...		Сырье	аглоцех	
11 STT-	Марганцевый агломерат		[003] Утвержден		[001-1] Лабора...	[010] Отдел вн...		Сырье	аглоцех	
12 STT-	Агломерат		[003] Утвержден		[011] Доменны...	[010] Отдел вн...		Сырье	Доменный Цех	
13 STT-	Окатыши		[003] Утвержден		[001-1] Лабора...	[010] Отдел вн...		Сырье	Доменный Цех	
14 STT-	Доменный присад		[003] Утвержден		[001-1] Лабора...	[010] Отдел вн...		Сырье	Доменный Цех	
15 STT-	Металлодобавка РМ		[003] Утвержден		[001-1] Лабора...	[010] Отдел вн...		Сырье	Доменный Цех	
16 STT-	Брикеты доменные		[003] Утвержден		[011] Доменны...	[010] Отдел вн...		Сырье	Доменный Цех	
17 STT-	Рудный Двор Брикеты доменные		[003] Утвержден		[001-1] Лабора...	[010] Отдел вн...		Сырье	Доменный Цех	
18 STT-	Рудный Двор Доменный присад		[003] Утвержден		[001-1] Лабора...	[010] Отдел вн...		Сырье	Доменный Цех	
19 STT-	Рудный двор Марганцевый агломерат ...		[003] Утвержден		[001-1] Лабора...	[010] Отдел вн...		Сырье	аглоцех	
20 STT-	Металлопродукт		[003] Утвержден		[001-1] Лабора...	[010] Отдел вн...		Сырье	Доменный Цех	
21 STT-	Металлопродукт		[003] Утвержден		[001-1] Лабора...	[010] Отдел вн...		Сырье	Доменный Цех	
22 STT-	СКШ Шлаковый Двор		[003] Утвержден		[001-1] Лабора...	[010] Отдел вн...		Сырье	Конвертерный цех	
23 STT-	ВКШ Шлаковый Двор		[003] Утвержден		[012] Конверте...	[010] Отдел вн...		Сырье	Конвертерный цех I	
24 STT-	СКШ Шлаковый Двор		[003] Утвержден		[001-1] Лабора...	[010] Отдел вн...		Сырье	Конвертерный цех	
25 STT-	ВКШ Шлаковый Двор		[003] Утвержден		[012] Конверте...	[010] Отдел вн...		Сырье	Конвертерный цех	
26 STT-	Шлак десульфурации		[003] Утвержден		[001-1] Лабора...	[010] Отдел вн...		Сырье	Конвертерный цех	
27 STT-	СКШ		[003] Утвержден		[001-1] Лабора...	[010] Отдел вн...		Сырье	Доменный Цех	
28 STT-	Металлоотсев		[003] Утвержден		[001-1] Лабора...	[010] Отдел вн...		Сырье	Фасонно-литейный цех	

Рисунок 7 – Пример визуализации списка шаблонов заданий на отбор проб на предприятии чёрной металлургии

Уровень	Место отбора	Вид	Фракция	Представительн пробы	Объект испытания	Марка продукции	Показатели	Программа испытаний	Отдел, ответственный за испытания
	Место отбора	Вид	Фракция	Представитель...	Объект испытания	Марка продук...	Показатели	Программа испытаний	Отдел, ответст...
	Место отбора	Вид	Фракция	Представитель...	Объект испытания	Марка продук...	Показатели	Программа испытаний	Отдел, ответст...
*ДЦ - шт	Место отбора	Вид	Фракция	Представитель...	Объект испытания	Марка продук...	Показатели	Программа испытаний	Отдел, ответст...
*КЦ - шт	Место отбора	Вид	Фракция	Представитель...	Объект испытания	Марка продук...	Показатели	Программа испытаний	Отдел, ответст...
	Место отбора	Вид	Фракция	Представитель...	Объект испытания	Марка продук...	Показатели	Программа испытаний	Отдел, ответст...
	Место отбора	Вид	Фракция	Представитель...	Объект испытания	Марка продук...	Показатели	Программа испытаний	Отдел, ответст...
(STT 27)	Железофлюс ВГОК	3	4	5	6	7	8	9	10
Уровень	Место отбора	Вид	Фракция	Представитель...	Объект испытания	Марка продук...	Показатели	Программа испытаний	Отдел ответств...
0	аглоцех	[S] Проба		Партионная	[01.030] Железофлюс		Al2O3, CaO, Cr, Cu, Fe, FeO, Istir...	_ISO_2з_ Железо...	[001-1] Лабора...
1	аглоцех	[AN] Образец (навеска, аликвота)		Партионная	[01.030] Железофлюс		Al2O3, CaO, Cr, Cu, Fe, FeO, K2O...	_ISO_2з_ Железо...	[001-1] Лабора...
1	аглоцех	[AN] Образец (навеска, аликвота)		Партионная	[01.030] Железофлюс		Istiraemost, Prochnost	_ISO_2з_ Железо...	[001-1] Лабора...
1	аглоцех	[AN] Образец (навеска, аликвота)		Партионная	[01.030] Железофлюс		v_1015, v_1540, v_40, v_5, v_510	_ISO_2з_ Железо...	[001-1] Лабора...
1	аглоцех	[AN] Образец (навеска, аликвота)		Партионная	[01.030] Железофлюс		Nas_Plotnost	_ISO_2з_ Железо...	[001-1] Лабора...
ОК 2 (STT 28)	Марганцевый агломерат	3	4	5	6	7	8	9	10
0	аглоцех	[S] Проба		Партионная	[01.120] Марганцевый агломерат		Fe, Istiraemost, v_5, v_40, v_1015, ...	[MA] Марганцевый агломерат ВГОК	[001-1] Лабора...
1	аглоцех	[AN] Образец (навеска, аликвота)		Партионная	[01.120] Марганцевый агломерат		Al2O3, CaO, Cr, Cu, Fe, FeO, K2O...	[MA] Марганцевый агломерат ВГОК	[001-1] Лабора...
1	аглоцех	[AN] Образец (навеска, аликвота)		Партионная	[01.120] Марганцевый агломерат		Istiraemost, Prochnost	[MA] Марганцевый агломерат ВГОК	[001-1] Лабора...
1	аглоцех	[AN] Образец (навеска, аликвота)		Партионная	[01.120] Марганцевый агломерат		v_1015, v_1540, v_40, v_5, v_510	[MA] Марганцевый агломерат ВГОК	[001-1] Лабора...
1	аглоцех	[AN] Образец (навеска, аликвота)		Партионная	[01.120] Марганцевый агломерат		Nas_Plotnost	[MA] Марганцевый агломерат ВГОК	[001-1] Лабора...
ОК 3 (STT 37)	Рудный двор Марганцевый агломерат	3	4	5	6	7	8	9	10
0	аглоцех	[S] Проба		Партионная	[01.120] Марганцевый агломерат		Al2O3, CaO, Cr, Cu, Fe, FeO, K2O...	[MA] Марганцевый агломерат ВГОК	[001-1] Лабора...
ОК 4 (STT 50)	Железофлюс I с опред. мет. свойств (ISO...	3	4	5	6	7	8	9	10
0	аглоцех	[S] Проба		Партионная	[01.030] Железофлюс		Δh80, Δp80, Al2O3, CaO, Cr, Cu, ...	[ЖФ-] Железофл...	[001-1] Лабора...
1	аглоцех	[SI] Экземпляр пробы		Партионная	[01.030] Железофлюс		Δh80, Δp80, LTD_05, LTD_315, LTD...	[ЖФ-] Железофл...	[001-1] Лабора...
2	аглоцех	[AN] Образец (навеска, аликвота)		Партионная	[01.030] Железофлюс		LTD_05, LTD_315, LTD_63	[ЖФ-] Железофл...	[001-1] Лабора...
2	аглоцех	[AN] Образец (навеска, аликвота)		Партионная	[01.030] Железофлюс		Δh80, Δp80, Rt80	[ЖФ-] Железофл...	[001-1] Лабора...
2	аглоцех	[AN] Образец (навеска, аликвота)		Партионная	[01.030] Железофлюс		Rt65	[ЖФ-] Железофл...	[001-1] Лабора...
2	аглоцех	[AN] Образец (навеска, аликвота)		Партионная	[01.030] Железофлюс		R180, Rt180	[ЖФ-] Железофл...	[001-1] Лабора...
2	аглоцех	[AN] Образец (навеска, аликвота)		Партионная	[01.030] Железофлюс		MR, R90	[ЖФ-] Железофл...	[001-1] Лабора...
2	аглоцех	[AN] Образец (навеска, аликвота)		Партионная	[01.030] Железофлюс		RDI_1_05, RDI_1_315, RDI_1_63	[ЖФ-] Железофл...	[001-1] Лабора...
2	аглоцех	[AN] Образец (навеска, аликвота)		Партионная	[01.030] Железофлюс		RDI_2_28	[ЖФ-] Железофл...	[001-1] Лабора...
1	аглоцех	[SI] Экземпляр пробы		Партионная	[01.030] Железофлюс		Al2O3, CaO, Cr, Cu, Fe, FeO, Istir...	[ЖФ-] Железофл...	[001-1] Лабора...
0	аглоцех	[S] Проба	[001] Мет. свойства (ISO)	Партионная	[01.030] Железофлюс		Al2O3, CaO, Cr, Cu, Fe, FeO, Istir...	[ЖФ-] Железо...	[001-1] Лабора...
1	аглоцех	[AN] Образец (навеска, аликвота)	[001] Мет. свойства (ISO)	Партионная	[01.030] Железофлюс		Nas_Plotnost	[ЖФ-] Железо...	[001-1] Лабора...
1	аглоцех	[AN] Образец (навеска, аликвота)	[001] Мет. свойства (ISO)	Партионная	[01.030] Железофлюс		Istiraemost, Prochnost	[ЖФ-] Железо...	[001-1] Лабора...
1	аглоцех	[AN] Образец (навеска, аликвота)	[001] Мет. свойства (ISO)	Партионная	[01.030] Железофлюс		v_1015, v_1540, v_40, v_5, v_510	[ЖФ-] Железо...	[001-1] Лабора...

Рисунок 8 – Пример визуализации шаблонов проб на предприятии чёрной металлургии

	Номер шаблона	Наименование шаблона	Автор	Статус документа	Организация	Подразделение	Подр., отв. за подготовку проб	Контролер (пробоотборщи	Тип пробы	Участок отбора
▸	- . шт	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	STT- 000001	АТ-1.Нефть.Ходовые		[001] Проект	ООО	[2.2 ТЦ] Технологические установки	[2.2 ТЦ] Технологические установки		Сырьё	Технологическая установка ...
	STT- 000002	АТ-1.Нефть.Средненедельные		[001] Проект	ООО	[2.2 ТЦ] Технологические установки	[2.2 ТЦ] Технологические установки		Сырьё	Технологическая установка ...
	STT- 000003	АТ-1.Нефть.Среднемесячные		[001] Проект	ООО	[2.2 ТЦ] Технологические установки	[2.2 ТЦ] Технологические установки		Сырьё	Технологическая установка ...
	STT- 000004	АТ-2.Нефть.Среднемесячные		[001] Проект	ООО	[2.2 ТЦ] Технологические установки	[2.2 ТЦ] Технологические установки		Сырьё	Технологическая установка ...
	STT- 000005	АТ-1.Нефтегазоконденсатная смесь.Ходовые		[001] Проект	ООО	[2.2 ТЦ] Технологические установки	[2.2 ТЦ] Технологические установки		Сырьё	Технологическая установка ...
	STT- 000006	АТ-1.Нефтегазоконденсатная смесь.Средненедельные		[001] Проект	ООО	[2.2 ТЦ] Технологические установки	[2.2 ТЦ] Технологические установки		Сырьё	Технологическая установка ...

Рисунок 9 – Пример визуализации списка шаблонов заданий на отбор проб на НПЗ

	Уровень	Место отбора	Вид	Фракция	Представительн пробы	Объект испытания	Мар про	Показатели	Программа испытаний	Отдел, ответственный за испытания
▸	ST 001	АТ-1.Нефть.Ходовые	3	4	5	6	7	8	9	10
	0	[АТ-1.01] Прием насоса Н-1/1,2	[S] Проба		Точечная	[002.1] Нефть. ГОСТ Р 51858-2...		mf_H2O, mf_S_sum, mf_X...	[Material_rutine] Ходовые анализы сырья д/ректификации	[-
	ST 002	АТ-1.Нефть.Средненедельные	3	4	5	6	7	8	9	-
	0	[АТ-1.01] Прием насоса	[S] Проба		Средненедель...	[002.1] Нефть. ГОСТ Р 51858-2...		ppmv_f_180C, ppmv_f_300...	[Material_avg_week] Средненедельные объединенные пробы сырья д/ректификации	[-
	0	[АТ-1.01] Прием насоса	[S] Проба	[fr_NK-180] Фракция НК - 180С	Средненедель...	[002.1] Нефть. ГОСТ Р 51858-2...		mf_S_sum	[Material_avg_week] Средненедельные объединенные пробы сырья д/ректификации	[-
	0	[АТ-1.01] Прием насоса	[S] Проба	[fr_180C_360C] Фракция 180С-360С	Средненедель...	[002.1] Нефть. ГОСТ Р 51858-2...		mf_S_sum	[Material_avg_week] Средненедельные объединенные пробы сырья д/ректификации	[-
	0	[АТ-1.01] Прием насоса	[S] Проба	[fr_360C_] Фракция 360С и выше	Средненедель...	[002.1] Нефть. ГОСТ Р 51858-2...		mf_S_sum	[Material_avg_week] Средненедельные объединенные пробы сырья д/ректификации	[-
	ST 003	АТ-1.Нефть.Среднемесячные	3	4	5	6	7	8	9	-
	0	[АТ-1.01] Прием насоса	[S] Проба		Средненемеся...	[002.1] Нефть. ГОСТ Р 51858-2...		KOH, mf_H2O, mf_Mechl...	[Material_avg_month] Среднемесячные объединенные пробы сырья д/ректификации	[-
	0	[АТ-1.01] Прием насоса	[S] Проба	[fr_NK-180] Фракция НК - 180С	Средненемеся...	[002.1] Нефть. ГОСТ Р 51858-2...		mf_S_sum		[-
	ST 004	АТ-2.Нефть.Среднемесячные	3	4	5	6	7	8	9	-
	0	[АТ-2.01] На приеме насоса	Проба		Средненемеся...	[002.1] Нефть. ГОСТ Р 51858-2...		KOH, mf_H2O, mf_Mechl...		[-
	ST 005	АТ-1.Нефтегазоконденсатная смесь.Ходовые	3	4	5	6	7	8	9	-
	0	[АТ-1.01] Прием насоса	[S] Проба		Точечная	[002.3] Нефтегазоконденсатн...		mf_H2O, mf_S_sum, Ro_15...	[Material_rutine] Ходовые анализы сырья д/ректификации	[-
	ST 006	АТ-1.Нефтегазоконденсатная смесь.Средненедельные	3	4	5	6	7	8	9	-
	0	[АТ-1.01] Прием насоса	[S] Проба		Средненедель...	[002.3] Нефтегазоконденсатн...		ppmv_f_180C, ppmv_f_300...	[Material_avg_week] Средненедельные объединенные пробы сырья д/ректификации	[-
	0	[АТ-1.01] Прием насоса	[S] Проба	[fr_NK-180] Фракция НК - 180С	Средненедель...	[002.3] Нефтегазоконденсатн...		mf_S_sum	[Material_avg_week] Средненедельные объединенные пробы сырья д/ректификации	[-
	0	[АТ-1.01] Прием насоса	[S] Проба	[fr_180C_360C] Фракция 180С-360С	Средненедель...	[002.3] Нефтегазоконденсатн...		mf_S_sum	[Material_avg_week] Средненедельные объединенные пробы сырья д/ректификации	[-
	0	[АТ-1.01] Прием насоса	[S] Проба	[fr_360C_] Фракция 360С и выше	Средненедель...	[002.3] Нефтегазоконденсатн...		mf_S_sum	[Material_avg_week] Средненедельные объединенные пробы сырья д/ректификации	[-

Рисунок 10 – Пример визуализации шаблонов проб на НПЗ

1.4.2 Использование визуализации схем разделки в виде деревьем и графовых баз данных

Для каждого шаблона строится схема разделки для визуализации шаблона пробы в виде дерева.

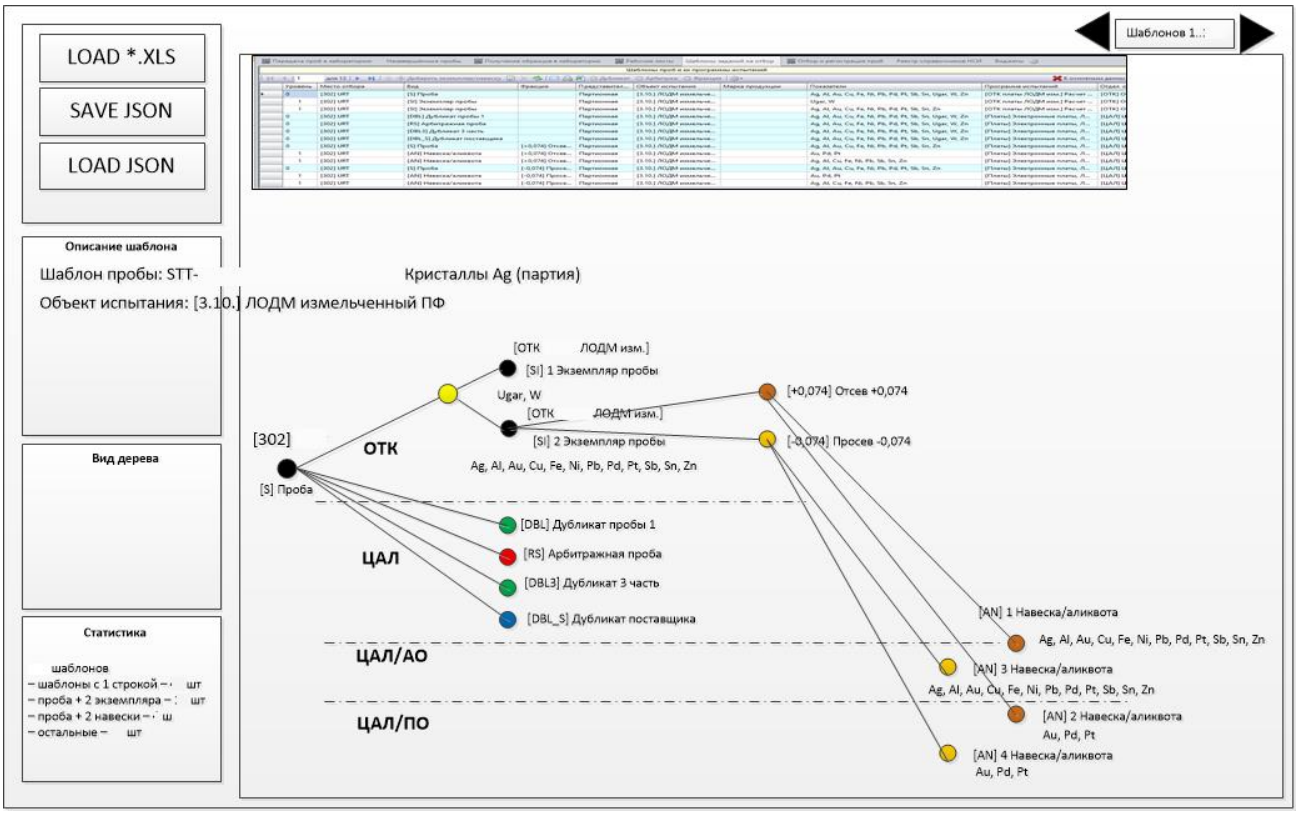

Рисунок 11 – Вариант отображения схемы разделки в виде дерева

1.5 Анализ КП

Рисунки 12-15 отражают случай из практики настройки КП и НД для ЛИМС НПЗ.
Для ускорения первичной настройки и контроля ошибок при вводе НСИ и КП системному аналитику пришлось
1) изучить состав НД в новой для себя области (в частности, ГОСТы с методиками анализа);
2) для нового нормативного документа повторять все те же шаги по индивидуальной настройке КП очередной МА (на рис – МИ);

Выявлены следующие «узкие места»:
1) данные шаги выполнялись в табличном процессоре, а не в ЛИМС, что было бы логично;
Как вариант, современная ЛИМС должна импортировать результаты и датасеты третьих программ.
2) нет возможности дублировать ранее настроенные датасеты;
3) КП с одинаковыми названиями или обозначениями контролируются «вручную»;
4) в известных ЛИМС нет визуализации ХЭ, в том числе подкраской цветами.

Для решения последней проблемы авторами на стенде реализовано отображение химических и других элементов материала из номенклатуры продуктов выбранного предприятия с различными настройками (см. рис. 16).

Наименование	Ед. изм	КП в ЛИМС	Обозначение	LATEX	ВЛК	МИ	Формула ГОСТ
Содержание серы в М-100, % масс	%	S100				ГОСТ 32139-2019	S20/0,55
Содержание серы в М-85, % масс	%	S85				ГОСТ 32139-2019	S20/0,59
Содержание серы в серосодержащем соединении, % масс	%	SSC				ГОСТ 32139-2019	
Воспроизводимость R, мг/кг	мг/кг	R20				ГОСТ 32139-2019	1,9182*pow(X20, 0.6446)
Воспроизводимость R_, % масс	%	R20_				ГОСТ 32139-2019	0,0001*1,9182*pow(Y20*10000, 0.6446)
Воспроизводимость бензина R, мг/кг	мг/кг	RB20				ГОСТ 32139-2019	7,1295*pow(X20, 0.3661)
Воспроизводимость бензина R_, % масс	%	RB20_				ГОСТ 32139-2019	7,1295*1,9182*pow(Y20*10000, 0.3661)
Воспроизводимость ДТ R, мг/кг	мг/кг	RDT20				ГОСТ 32139-2019	8,9798*pow(X20, 0.33)
Воспроизводимость ДТ R_, % масс	%	RDT20_				ГОСТ 32139-2019	8,9798*1,9182*pow(Y20*10000, 0.33)
Ди-н-бутилсульфид		DBS				ГОСТ 32139-2019	
Масса разбавителя	г	MD				ГОСТ 32139-2019	
Масса серосодержащего соединения	г	MSC				ГОСТ 32139-2019	
Общее содержание серы X, мг/кг	мг/кг	X20				ГОСТ 32139-2019	
Общее содержание серы Y, % масс	%	Y20				ГОСТ 32139-2019	
Повторяемость бензина r, мг/кг	мг/кг	rB20				ГОСТ 32139-2019	1,4477*pow(X20, 0.3661)
Повторяемость бензина r_, % масс	%	rB20_				ГОСТ 32139-2019	1,4477*0,4347*pow(Y20*10000, 0.3661)
Повторяемость r, мг/кг	мг/кг	r20				ГОСТ 32139-2019	0,4347*pow(X20, 0.6446)
Повторяемость r_, % масс	%	r20_				ГОСТ 32139-2019	0,0001*0,4347*pow(Y20*10000, 0.6446)
Повторяемость ДТ r, мг/кг	мг/кг	rDT20				ГОСТ 32139-2019	1,6658*pow(X20, 0.33)
Повторяемость ДТ r_, % масс	%	rDT20_				ГОСТ 32139-2019	1,6658*0,4347*pow(Y20*10000, 0.33)
Содержание серы S, % масс	%	S20				ГОСТ 32139-2019	
Содержание серы в DBS	%	SDBS				ГОСТ 32139-2019	
Содержание серы в минеральном белом масле, % масс	%	SMOW				ГОСТ 32139-2019	
Содержание серы в разбавителе, % масс	%	SD				ГОСТ 32139-2019	
Сходимость	%	SHOD				ГОСТ 32139-2019	
Фактическая масса DBS	г	MDBS				ГОСТ 32139-2019	
Фактическая масса минерального белого масла	%	MMOW				ГОСТ 32139-2019	

Название:	Межгосударственный стандарт. Нефть и нефтепродукты. Определение содержания серы методом энергодисперсионной рентгенофлуоресцентной спектрометрии
Метод:	Определение содержания серы методом энергодисперсионной рентгенофлуоресцентной спектрометрии
Тип метода:	[013] Рентгенофлуоресцентный анализ (РФА)

П2.1 (48) | Все КП | Методы | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 ...

Рисунок 12 – Настройка КП и НД в стороннем табличном процессоре

П2.1	Наименование	Ед. изм	КП в ЛИМС	Обозначение	LATEX	ВЛК	МИ	Формула ГОСТ
6	Воспроизводимость	%	R			Да	ГОСТ 11011-85	
7	Воспроизводимость	%	R			Да	ГОСТ 11501-78	
8	Воспроизводимость	%	R			Да	ГОСТ 1461-75	
10	Воспроизводимость	%	R			Да	ГОСТ 1756-2000	
11	Воспроизводимость	%	R			Да	ГОСТ 20287-91	
12	Воспроизводимость	%	R			Да	ГОСТ 2070-82	
13	Воспроизводимость	%	R			Да	ГОСТ 21261-91	
14	Воспроизводимость	%	R			Да	ГОСТ 21534-76	
15	Воспроизводимость	%	R			Да	ГОСТ 2177-99	
16	Воспроизводимость	%	R			Да	ГОСТ 22254-92	
17	Воспроизводимость	%	R			Да	ГОСТ 2477-2014	
35	Воспроизводимость	%	R			Да	ГОСТ Р 51069-97	
41	Воспроизводимость	%	R			Да	ПНД Ф 14.1:2:3:4.111-97	
13								
	Предел повторяемости	%	r41			Да	ПНД Ф 14.1:2:3:4.111-97	
	Расширенная относительная неопределённость	%	U			Да	ПНД Ф 14.1:2:3:4.111-97	
	СКО промежуточной прецизионности для массовой концентрации хлорид-ионов в пробе исходной	ед	Gx_			Да	ПНД Ф 14.1:2:3:4.111-97	
	СКО промежуточной прецизионности для массовой концентрации хлорид-ионов в пробе с известной добавкой	ед	Gx			Да	ПНД Ф 14.1:2:3:4.111-97	
	Абсолютное давление пара ЛСН и ЛННП	кПа					ГОСТ 1756-2000	
	Атмосферное давление	кПа	Pa				ГОСТ 1756-2000	
	Аттестованная характеристика СО	кПа	Aso				ГОСТ 1756-2000	
	Аттестованное значение образца для контроля	мг/дм3	Catt				ПНД Ф 14.1:2:3:4.111-97	
	Барометрическое давление	кПа					ГОСТ 1756-2000	
	Барометрическое давление, преобладающее во время испытания	Па	Pb				ГОСТ 2177-99	
	Величина добавки	мг/дм3	Cd				ПНД Ф 14.1:2:3:4.111-97	
	Вес (масса) фракции	г					ГОСТ 11011-85	
	Воспроизводимость R, мг/кг	мг/кг	R20				ГОСТ 32139-2019	1,9182*pow(X20, 0.6446)
	Воспроизводимость R_, % масс	%	R20_				ГОСТ 32139-2019	0,0001*1,9182*pow(Y20*10000, 0.6446)
	Воспроизводимость бензина R, мг/кг	мг/кг	RB20				ГОСТ 32139-2019	7,1295*pow(X20, 0.3661)
	Воспроизводимость бензина R_, % масс	%	RB20_				ГОСТ 32139-2019	7,1295*1,9182*pow(Y20*10000, 0.3661)
	Воспроизводимость ДТ R, мг/кг	мг/кг	RDT20				ГОСТ 32139-2019	8,9798*pow(X20, 0.33)
	Воспроизводимость ДТ R_, % масс	%	RDT20_				ГОСТ 32139-2019	8,9798*1,9182*pow(Y20*10000, 0.33)
	Восстановленный общий отгон	%					ГОСТ 2177-99	
	Время опускания иглы	с					ГОСТ 11501-78	
	Выпаривание	%					ГОСТ 2177-99	
	Высшая теплота сгорания	кДж/кг	Qas				ГОСТ 21261-91	Qab-(94*Sa+1/m*q3*V_)+dQs
	Глубина проникания иглы (пенетрация)	мм					ГОСТ 11501-78	

П2.1 (48) | Все КП | Методы | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 ...

Рисунок 13 – Выявлены КП с одинаковыми смыслом, названиями и обозначениями (на этапе первичной обработки НД)

Константа охлаждения калориметра		K					ГОСТ 21261-91	1/(F0-Fp)*(v2-v1)
Коэффициент видимого расширения ртути в стекле	ед	a					ГОСТ 21261-91	0,00016
Коэффициент отношения объёмов	ед	A					ГОСТ 21534-76	
Коэффициент охвата	ед	k					ПНД Ф 14.1:2:3:4.111-97	
Коэффициент пересчёта г в мг	ел	C					ГОСТ 21534-76	
Коэффициент пересчёта дм3 в см3	ед	B					ГОСТ 21534-76	
Критерий a	ед	A					ГОСТ 21261-91	1/(tp-t0)*(ta-t0)
Максимальный объём отгона или выпаривания в конце интервала	%	V4					ГОСТ 2177-99	
Масса бензойной кислоты	кг	m1					ГОСТ 21261-91	
Масса бихромата калия	г	m					ГОСТ 2070-82	
Масса запальной проволоки	кг	mzp					ГОСТ 21261-91	
Масса золы	г		m1				ГОСТ 1461-75	
Масса золы двух бумажных фильтров	г		m2				ГОСТ 1461-75	
Масса нефти	г	mn					ГОСТ 21534-76	
Масса нити	кг	m3					ГОСТ 21261-91	
Масса НП	г	mnp					ГОСТ 11011-85	
Масса НП	г	mnp					ГОСТ 2070-82	
Масса образца	г	m					ГОСТ 2477-2014	
Масса образца топлива в вакууме	кг	m0					ГОСТ 21261-91	m+1/m*(pa/ps-pa/pw)
Масса образца топлива кажущаяся в воздухе	кг	m					ГОСТ 21261-91	
Масса плёнки	кг	m4					ГОСТ 21261-91	
Масса пробы	г		m				ГОСТ 1461-75	
Масса проволоки до сжигания	кг	m20					ГОСТ 21261-91	
Масса проволоки после сжигания	кг	m2p					ГОСТ 21261-91	
Масса разбавителя	г	MD					ГОСТ 32139-2019	
Масса сгоревшей проволоки	кг	m2					ГОСТ 21261-91	m20-m2p
Масса серосодержащего соединения	г	MSC					ГОСТ 32139-2019	
Масса хлористого натрия	мг	m					ГОСТ 21534-76	
Массовая доля водорода	%	Ha					ГОСТ 21261-91	
Массовая доля водорода эмпирическая	%	Hd					ГОСТ 21261-91	0.001195*Qds-41.4
Массовая доля водорода эмпирическая КТ	%	Hdkt					ГОСТ 21261-91	0.001121*Qds-37.6
Массовая доля воды	%	Wa					ГОСТ 21261-91	
Массовая доля воды	г	X					ГОСТ 2477-2014	1/m*V0*100
Массовая доля непредельных углеводородов	%	X1					ГОСТ 2070-82	1/254*X*M
Массовая доля растворенного газа	ед						ГОСТ 11011-85	
Массовая доля серы	%	Sa					ГОСТ 21261-91	
Массовая доля хлористых солей в процентах хлористого натрия	%	X2					ГОСТ 21534-76	X1*100/B/C/p
Массовая концентрация хлорид-ионов	мг/дм3	X41					ПНД Ф 14.1:2:3:4.111-97	1/V*(Vn-Vo)*C*35.45*1000
Массовая концентрация хлористых солей	мг/дм3	X1					ГОСТ 21534-76	1/V3*(V_1-V_2)*T*1000*A

П2.1 (48) | Все КП | Методы | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 ...

Рисунок 14 – Выявлены одинаковые КП после первичной настройки

B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W		
Температура	конечная конечного периода					град С		tpkp						ГОСТ 21261-91									
Температура	конечного периода					град С		tkp						ГОСТ 21261-91									
Температура	контейнера					град С		T						ГОСТ 1756-2000									
Температура	конца кипения					град С								ГОСТ 2177-99									
Температура	конца перегонки (выпаривания)					град С								ГОСТ 2177-99									
Температура	максимального объёма отгона V4					град С		t4						ГОСТ 2177-99									
Температура	минимального объёма отгона V3					град С		t3						ГОСТ 2177-99									
Температура	начала кипения					град С								ГОСТ 2177-99									
Температура	начальная конечного периода					град С		t0kp						ГОСТ 21261-91									
Температура	начальная начального периода					град С		t0np						ГОСТ 21261-91									
Температура	начального периода					град С		tnp						ГОСТ 21261-91									
Температура	паров					град С								ГОСТ 11011-85									
Температура	по истечении 2 мин главного периода					град С		ta						ГОСТ 21261-91									
Температура	помещения					град С		tpom						ГОСТ 21261-91									
Температура	разложения					град С								ГОСТ 2177-99									
Температура	текучести					град С								ГОСТ 20287-91									
Температура	текучести максимальная					град С								ГОСТ 20287-91									
Температура	текучести минимальная					град С								ГОСТ 20287-91									
Температурная поправка на столбик ртути						град С		c						ГОСТ 21261-91		a*(tp*(tp-ta_0kp)-t0*(t0-ta_pnp))							
Теплота образования 1 см3 0.1 моль/дм3 раствора азотной кислоты						кДж/кг		q3						ГОСТ 21261-91									
Теплота сгорания в бомбе						кДж/кг		Qab						ГОСТ 21261-91		1/m*(ci*dt-q4*m4-q2*m2)							
Теплота сгорания высшая с поправкой						кДж/кг		Qds						ГОСТ 21261-91									
Теплота сгорания низшая с поправкой						кДж/кг		Qdi						ГОСТ 21261-91									
Титр 0.01 моль/дм3 раствора азотнокислого серебра						мг/см3		T1						ГОСТ 21534-76									
Титр раствора азотнокислой ртути						мг/см3		T						ГОСТ 21534-76		1/(V-V1)*m							
Требуемое показание термометра						град С		T						ГОСТ 2177-99		Tl+1/(Rh-Rl)*(Th-Tl)*(R-Rl)							
Удельная теплота сгорания бензойной кислоты						кДж/кг		q1						ГОСТ 21261-91									
Удельная теплота сгорания нити						кДж/кг		q5						ГОСТ 21261-91									
Удельная теплота сгорания плёнки						кДж/кг		q4						ГОСТ 21261-91		1/m4*(ci*dt-Q2-Q3-Q5)							
Удельная теплота сгорания проволоки						кДж/кг		q2						ГОСТ 21261-91									
Установленный процент отгона						%		R						ГОСТ 2177-99									
Фактическая масса DBS						г		MDBS						ГОСТ 32139-2019									
Фактическая масса минерального белого масла						%		MMOW						ГОСТ 32139-2019									
Фактор раствора тиосульфата натрия						см3		F						ГОСТ 2070-82		1/0,0049037*m*V							
Цитановое число						ед		TCN						ГОСТ 27768-88									
Цитановый индек спо номограмме						ед		TCIn						ГОСТ 27768-88									
Цитановый индекс расчётный						ед		TCI						ГОСТ 27768-88		454.74-1641.416*p+774.74*p*p-0.554*tk+97.803*log(tk)*log(tk)							
Число измерений в главном периоде						ед		n						ГОСТ 21261-91									
Число измерений в конечном периоде						ед		np						ГОСТ 21261-91									

П2.1 (48) | Все КП | Методы | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 ...

Рисунок 15 – Необходима возможность обозначать (или, наоборот, запрещать такое правило) схожие КП в разных НД одним символом или присваивать одно или схожее наименование

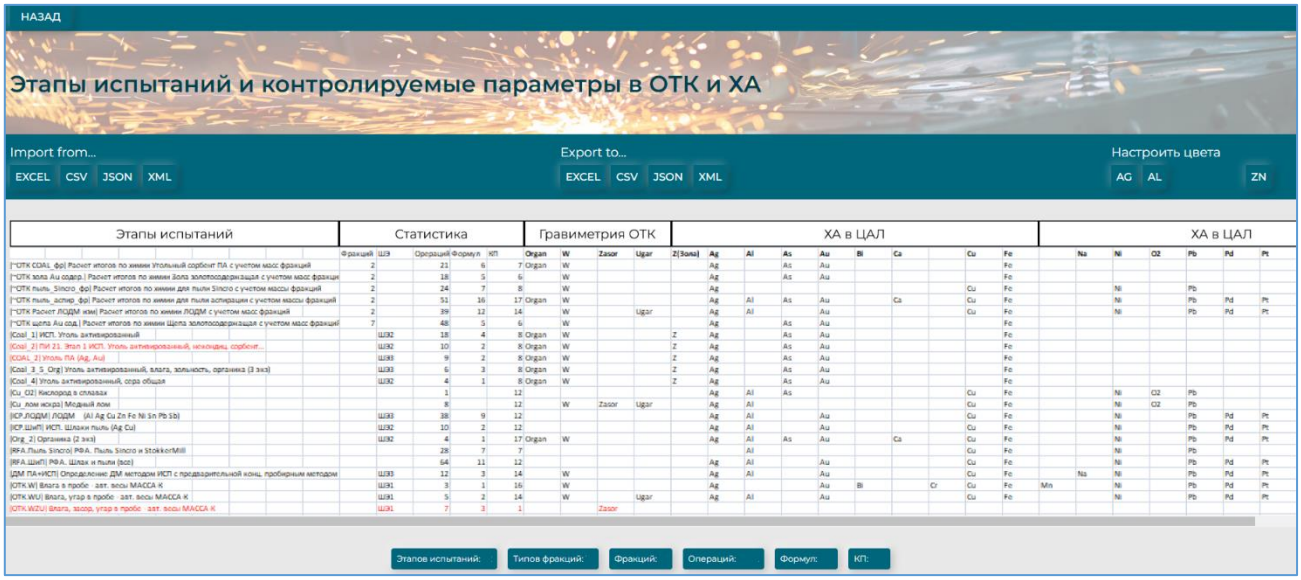

Рисунок 16 – Отображение химических и других элементов с различными настройками на стенде

1.6 Расчёт и визуализация формул

1.6.1 Расчёт по формулам, аналогичным и/или, импортируемым и экспортируемым из СКА и табличных процессоров

В настоящее время в известных авторам ЛИМС отсутствует функционал встроенных электронных таблиц типа Excel с языком формул и/или программирования типа VBA, фильтрами и сложными сортировками. Под сложной сортировкой в ЛИМС понимается ставшая привычной в табличных процессорах сортировка датасета по нескольким полям, цветам в них и т.п.

1.6.2 Современная визуализация

Пример 1: $u_{tt} = a^2 u_{xx}$, или в TeX-нотации [22]: $ u_{tt} = a^2 u_{xx} $ - уравнение свободных поперечных колебаний струны.

Пример 2: уравнение Лаврентьева-Бицадзе; $u_{xx} + \operatorname{sign} y \cdot u_{yy} = 0$;

$ u_{xx} + sign y u_{yy} = 0 $.

Рисунок 17 – Примеры визуализации формул в TeX-нотации

В современных ЛИМС интеграция с системами визуализации математических формул отсутствует.

2 Требования к настройке основного процесса

Предлагается:
– сохранение типовых настроек для типов предприятий (например, в рамках коробочного решения одного производителя);
– пакетный ввод типовых настроек (без прокликивания интерфейса системным аналитиком-представителем исполнителя).

3 Требования к настройке НСИ

Ввод НСИ и НД:
– недопустимо прокликивание интерфейса системным аналитиком (ДЛ исполнителя, сочетающим компетенции постановщика задач, разработчика, инженера технической поддержки, специалиста по обучению персонала заказчика);
– нет встроенных электронных таблиц типа Excel со встроенным языком (VBA), фильтрами и сложными сортировками;
– жёсткая связанность с РБД, это лишние усилия разработчиков для GUI доступа к СУБД;
– нет пакетного ввода-вывода в JSON и др форматы.

Обсуждение результатов

Текущее состояние ЛИМС и пути их совершенствования для предприятий рассмотренных типов приведены в табл. 5.

Таблица 5 – Пути совершенствования ЛИМС

№	Группа ФТ	Уровень реализации и пути совершенствования
1	GUI	(+) реализованы основные GUI
2	Автоматизируемые функции	(+) в основном реализованы
3	Стек	(+) Java EE, Net
4	Атлас проб	(-) в отрасли отсутствует **Предложение**: 1 Использование визуализации в виде деревьев 2 Использование ГБД
5	Контроль КП	(-) нет встроенной СКА, сейчас все КП с уникальными названиями и нестандартизированными правилами создания и наименования **Предложение**: реализовать в ЛИМС возможности сложных сортировок как в Excel
6	Современные формулы	(-) нет встроенной СКА, нет расчета и визуализации современными средствами **Предложение**: интеграция с современными текстовыми и табличными процессороами и СКА
7	Основной процесс	(+) в основном реализован
8	НСИ	(-) см. недостатки п. 3 **Предложение**: пакетный экспорт/импорт в JSON и т.п.
9	Разное	–
–	Ролевая модель	(+) функционал по ролям в основном реализован **Предложение**: унификация РМ для всех типов заказчиков и утверждение отраслевого стандарта (можно в виде «правил хорошего тона», «хорошей практики»)
–	Статусная модель	Реализована, но скрыта от пользователя

		Предложение: разработка соотв. средств визуализации и настройки без кода
–	Настройка и программирование без кода	(–) развиты недостаточно **Предложение**: разработка соотв. средств без кода

ВЫВОДЫ

1 Актуализированы функциональные требования к ЛИМС в зависитмости от вида автоматизируемого предприятия
2 На приведённых примерах показано, что на предприятии ОЭЭО список шаблонов заданий на отбор проб существенно больше, чем аналогичные списки на предприятии ЧМ и НПЗ
3 На предприятии ОЭЭО учитывается значительно большее количество фракций и видов проб
4 Внедрение ЛИМС с дополнительным функционалом. в частности, визуализации шаблонов проб в виде деревьев и/или хранения таких данных в графовых базах данных (ГБД), расчёта аналитики и статистики по метрикам ГБД по оценке авторов существенно увеличат потребительские качества ЛИМС и значительно сократят сроки и ресурсы разработки.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АРМ	–	автоматизированное рабочее место
ГБД	–	графовая база данных
ГК	–	горный комбинат
ГРА	–	гравиметрический анализ
ИО	–	информационное обеспечение
ДМ	–	драгоценные металлы
ИС	–	информационная система
КИС	–	корпоративная информационная система
КП	–	контролируемые показатели
МК	–	металлургический комбинат
МО	–	математическое обеспечение
НПЗ	–	нефтеперегонный завод
НФТ	–	нефункциональные требования
ОЭЭО	–	отходы электронного и электротехнического оборудования
ПО	–	программное обеспечение
РМ	–	ролевая модель
РСУБД	–	реляционная СУБД
СКА	–	система компьютерной алгебры
СКШ	–	стальной конвертерный шлак
СУБД	–	система управления базами данных
ФТ	–	функциональные требования
ХА	–	химический анализ
ХЭ	–	химический элемент
ЧМ	–	чёрная металлургия
ЦУШ	–	цех утилизации шламов
ЯВУ	–	язык программирования верхнего уровня
GUI	–	Graphical User Interface (графический пользовательский интерфейс)
SaaS		Software as a Service

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1	А. Катенин, В. Милушков, Анализ технологических и бизнес-процессов металлургических комбинатов для внедрения ЛИМС, М. 2023, в печати

2	Мобильный клиент ЛИМС «АИСТ», https://lims-aist.ru/#m94bbb-c158, Дата обращения: 15.05.2023
3	А. Панфёров, 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
4	С. Ермаков, Ю. Яцына, 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
5	WebAssembly: Docker без контейнеров, https://habr.com/ru/companies/flant/articles/734678/, Дата обращения: 15.05.2023
6	ГОСТ Р 57100-2016. Что это было? https://habr.com/ru/articles/459992/, Дата обращения: 17.06.2023
7	Центральная заводская лаборатория (ЦЗЛ), Обуховский завод, https://foundry-goz.ru/factory/tszl/, Дата обращения: 17.06.2023
8	Пробирно-аналитическая лаборатория (ПАЛ), https://thermotechno.ru/catalog/252/631/, Дата обращения: 17.06.2023
9	ЮГК: АВТОМАТИЗАЦИЯ ПАЛ, 2018, https://thermotechno.ru/for_press/videos/yugk_avtomatizatsiya_pal/, Дата обращения: 17.06.2023
10	Манзор Д., Тлеугабулов Б., Расчетно-теоретическое исследование жидкофазной переработки сталеплавильных шлаков ОАО «ЕВРАЗ НТМК», Juvenis scientia 2015 № 1