

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМОЙ ДИАГНОСТИКИ ПАРАМЕТРОВ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ МНОГОКАНАЛЬНОЙ ЛАЗЕРНОЙ УСТАНОВКИ

Т. А. Панкова, В. Д. Исаев, В. Н. Лотов

Филиал РФЯЦ-ВНИИЭФ «НИИИС им. Ю. Е. Седакова», г. Нижний Новгород

Введение

Данная работа посвящена разработке комплекса программного обеспечения системы диагностики параметров лазерного излучения, входящей в состав многоканальной лазерной установки.

Лазерная установка (ЛУ) строится по модульному принципу, подразумевающему объединение нескольких оптических каналов в один самостоятельный модуль с последующим объединением таких модулей в единую установку. Включение и настройка всей лазерной установки, юстировка оптических каналов, проверка готовности к эксперименту и его проведение вручную становится физически невозможным, так как время подготовки одного канала к эксперименту силами нескольких человек может измеряться часами. Использование систем автоматического управления для автоматизации всех процессов подготовки и проведения эксперимента в таких условиях становится жизненно необходимым для работы установки.

Информационно-управляющая система (ИУС) лазерной установки предназначена для управления установкой в автоматическом и автоматизированном режимах, оперативного сбора информации об ее работоспособности, реализации комплексной защиты персонала и установки, сбора, хранения и предварительной обработки результатов экспериментов, обеспечения сервисного обслуживания установки.

ИУС ЛУ включает в себя несколько подсистем, одна из которых система диагностики параметров лазерного излучения (СДПЛИ).

СДПЛИ предназначена для сбора и обработки данных о параметрах лазерного излучения нескольких оптических каналов в ходе подготовки и проведения экспериментов.

Система диагностики параметров лазерного излучения

СДПЛИ разработана как многоуровневая система и включает в себя:

– верхний уровень управления – уровень центрального пульта управления установки (ЦПУ), предназначенный для организационного, информационного и технического обеспечения всех работ, проводимых на установке в штатных режимах и аварийных ситуациях. При проведении эксперимента на

АРМ ЦПУ задается шаблон эксперимента, отслеживаются этапы подготовки всех систем, инициируется запуск автоматического проведения эксперимента, отслеживаются аварийные события и принимаются решения о дальнейшем проведении или отмене эксперимента;

– средний уровень управления – уровень местных пультов управления (МПУ). При проведении эксперимента на АРМ МПУ СДПЛИ осуществляется подготовка системы к эксперименту, в зависимости от шаблона эксперимента. Так же на МПУ СДПЛИ проводятся работы при пуске-наладке и тестировании оборудования.

– нижний уровень управления – уровень систем автоматического управления (САУ) технологических объектов. На САУ СДПЛИ происходит сбор необходимой информации о состоянии технологического оборудования, передача данной информации на МПУ СДПЛИ, управлением технологическим оборудованием в зависимости от полученных команд с МПУ СДПЛИ.

Технологическое оборудование СДПЛИ:

- блоки ввода-вывода;
- шаговые двигатели;
- моторизованные оправы зеркал;
- регистратор энергетического контраста;
- блоки сменных светофильтров;
- ФПЗС-камеры (фотоприбор с зарядовой связью);
- джоульметры;
- источник бесперебойного питания.

Из основного светового канала отводится часть излучения на регистрирующее оборудование. Для точного наведения излучения на ФПЗС-камеры, регистратор энергетического контраста и джоульметры проводится юстировка диагностического канала. Юстировка производится с помощью моторизованных оправ зеркал и шаговых двигателей по алгоритмам юстировки в автоматическом режиме или по командам оператора в ручном. Для управления технологическим оборудованием одного канала реализовано более 100 команд.

В качестве результатов эксперимента сохраняются следующие данные:

- изображения с камер после юстировки;
- изображения с камер во время эксперимента;
- энергия во время эксперимента;

- энергетический контраст;
- изображения с камер после эксперимента;
- используемые светофильтры и их коэффициенты пропускания;
- всего ~15 Мбайт информации сохраняется в каждом эксперименте для одного канала.

Для функционирования СДПЛИ был разработан «Программный комплекс управления системой диагностики параметров лазерного излучения многоканальной лазерной установки».

Программный комплекс управления СДПЛИ многоканальной лазерной установки включает в себя:

- прикладное программное обеспечение (ППО) ЦПУ СДПЛИ;
- ППО МПУ СДПЛИ;
- ППО САУ СДПЛИ.

Структурная схема программного комплекса управления СДПЛИ представлена на рис. 1.

Требования к компонентам программного комплекса управления СДПЛИ

Требования к ППО ЦПУ СДПЛИ:

- определение условий и порядка проведения всех видов работ на установке;

- контроль основных показателей и координацию работы систем установки;

- сбор и предварительная оценка результатов проведенного эксперимента и состояния оборудования установки;

- обработка предупредительной и аварийной информации, выполнение аварийных защит с участием персонала и в автоматическом режиме;

- хранение информации о проведении экспериментов и регламентных работ, проводимых на комплексе;

- управление механизмами резервного копирования и восстановления;

- предоставление данных по запросу от других подсистем, в соответствии с техническими решениями;

- контроль исправности аппаратных и программных средств СДПЛИ;

- ведение системных журналов работы.

Требования к ППО МПУ СДПЛИ:

- сбор, накопление, обработка, хранение технологической информации;

- сбор, обработка и вывод сигнализации о предупредительных и аварийных ситуациях;

- отображение технологического процесса системы и его результатов в удобной форме;

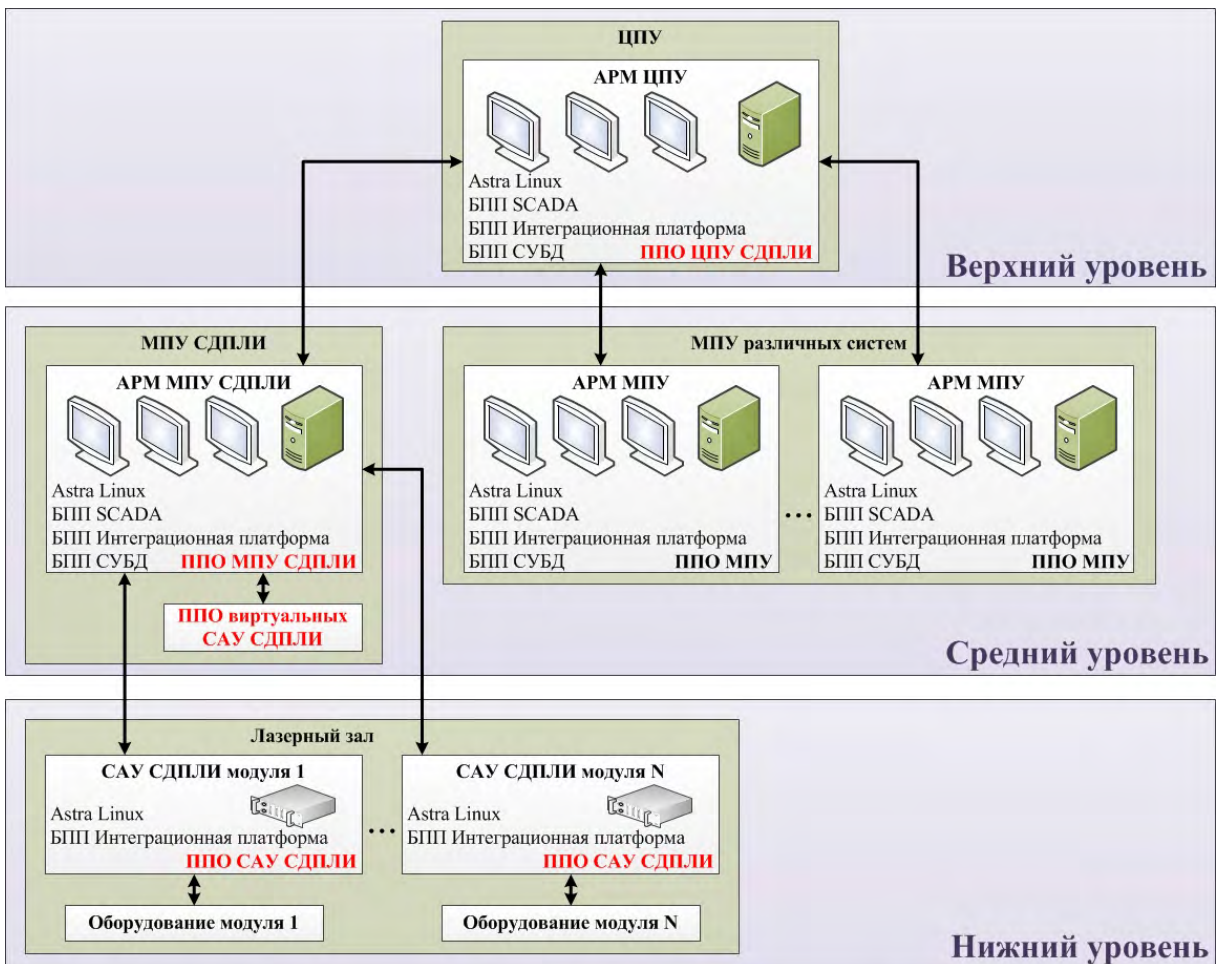


Рис. 1. Структурная схема программного комплекса управления системой диагностики параметров лазерного излучения многоканальной лазерной установки

- передача информации в ЦПУ;
- проведение самодиагностики;
- выдача по запросам информации о состоянии системы и режиме работы;
- принятие и выполнение команд с ЦПУ;
- управление ходом технологического процесса по команде оператора с ЦПУ;
- управление контроллерами нижнего уровня СДПЛИ с помощью команд и загрузки файлов;
- синхронизация времени между МПУ и технологическим оборудованием;
- обеспечение разграничения прав доступа различных пользователей;
- МПУ должны функционировать как в автономном режиме, так и в составе ИУС.

Требования к ППО САУ СДПЛИ:

– прием команд управления от верхнего уровня СДПЛИ ЛУ по интерфейсу интеграционной платформы;

– передача данных (в том числе изображений с камер) на верхний уровень СДПЛИ по интерфейсу интеграционной платформы;

– выполнение алгоритмов управления САУ по полученной команде в ручном режиме или самостоятельно в автоматическом режиме;

– проверка допустимости выполнения команд управления в зависимости от текущего состояния системы и оборудования;

– выдача команд управления технологическим оборудованием и контроль их выполнения;

– осуществление непрерывной диагностики состояния подключенного технологического оборудования и самодиагностики САУ;

– сбор данных, в том числе изображений камер, с подключенного технологического оборудования, как по команде, так и при проведении эксперимента;

– ведение журнала выполненных действий, архива изображений результатов юстировки, эталонов изображений БЗ и ДЗ;

– обработка, анализ полученных изображений без участия оператора.

Для обеспечения требований, предъявляемых к ЦПУ, МПУ и САУ были разработаны и согласованы с Заказчиком:

– перечень возможных статусов канала, а также их цветовая индикация на видеокадрах;

– перечень задаваемых параметров;

– перечень управляющих команд и правила блокировки команд в зависимости от состояния канала и состояния смежных систем;

– перечень параметров, которые являются результатом эксперимента;

– перечень параметров, которые необходимо сохранять от эксперимента к эксперименту;

– перечень видеокадров, обеспечивающих возможность просмотра необходимой информации и управление оборудованием;

– алгоритмы обработки аварийных и внештатных ситуаций;

– перечень технологического оборудования;

– алгоритмы управления оборудованием при отработке управляющих команд и самодиагностики.

Технология разработки программного комплекса

Для возможности ведения разработки программного комплекса СДПЛИ в части ЦПУ и МПУ СДПЛИ параллельно и независимо от разработки физического оборудования были разработаны виртуальные САУ, которые имитируют работу реальных устройств.

При разработке виртуальных САУ, так же, как и реальных САУ в качестве базового ПО, была использована интеграционная платформа. Это позволило обеспечить единство работы МПУ СДПЛИ с виртуальными и реальными САУ СДПЛИ и быстрый переход без какой-либо доработки ППО МПУ СДПЛИ по мере подключения реального оборудования.

При разработке виртуальных САУ были использованы те же исходные данные, что и при разработке реальных САУ СДПЛИ, то есть имена параметров и команд идентичны. Виртуальное САУ СДПЛИ при получении управляющих команд от МПУ СДПЛИ по заданному алгоритму и на основе входных параметров генерирует значения выходных параметров. Оператор только по косвенным признакам может отличить работу с виртуальным САУ СДПЛИ от работы с реальным САУ СДПЛИ.

На рис. 2 представлены укрупненные схемы ППО САУ СДПЛИ и ППО виртуальной САУ СДПЛИ.

Эта технология позволила вести разработку программного комплекса СДПЛИ на ранних этапах создания ЛУ и ее тестирование до монтажа реальных устройств на установке, что в свою очередь позволит сократить сроки сдачи программного комплекса СДПЛИ.

Кроме того, виртуальные САУ обеспечивают возможность безопасного тестирования нового и модернизируемого оборудования. Также они позволяют смоделировать различные аварийные ситуации оборудования, для отладки работы программного комплекса СДПЛИ, без вывода из строя реального оборудования.

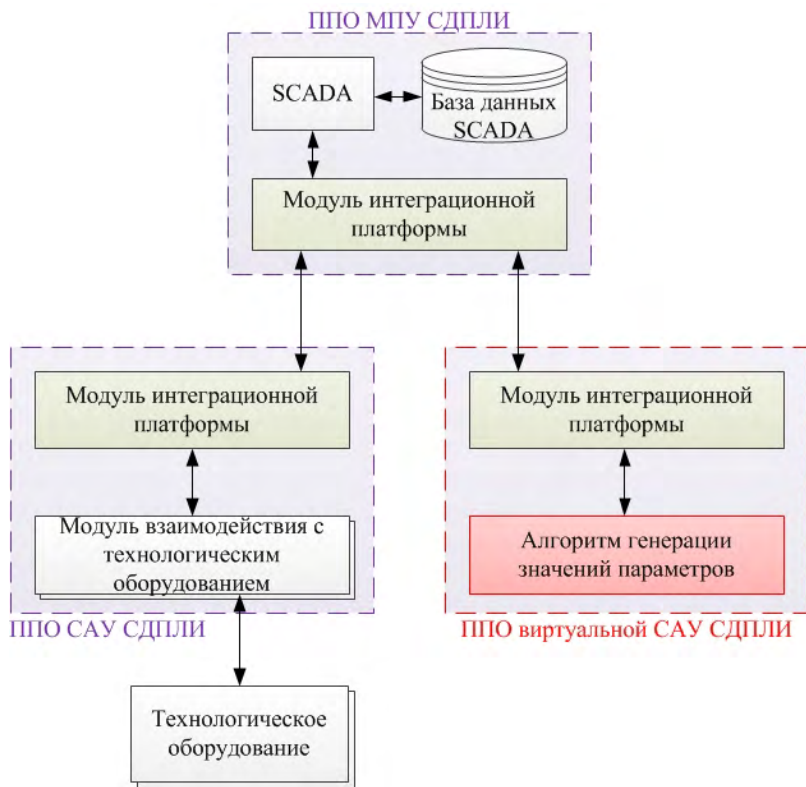


Рис. 2. Укрупненные схемы ППО САУ СДПЛИ и ППО виртуальной САУ СДПЛИ

Взаимодействие систем

При разработке ИУС большое внимание было уделено рассмотрению этапов подготовки к эксперименту и проведению эксперимента всех систем ЛУ. Была разработана схема взаимодействия систем на каждом этапе.

В результате, для СДПЛИ была определена зависимость от системы автоматической юстировки (САЮ), которая обеспечивает точное наведение луча на мишень. Юстировка канала диагностики должна выполняться после завершения юстировки канала САЮ. Поэтому на видеокдрах СДПЛИ присутствует информация о признаке окончания юстировки САЮ, а также блокируются кнопки на подачу команд «Юстировка» в случае отсутствия данного признака.

СДПЛИ влияет на возможность проводить настройку адаптивного зеркала, поэтому на видеокдрах системы усиления лазерной энергии (СУЛЭ) отображается информация о признаке окончания подготовки к эксперименту СДПЛИ, а также блокируются кнопки на подачу команды «Настройка» в случае отсутствия данного признака.

Описание видеокдров ЦПУ и МПУ СДПЛИ

Для обеспечения выполнения требований, предъявляемых к ЦПУ и МПУ СДПЛИ, были разработаны видеокдры.

Видеокдр «Система диагностики параметров лазерного излучения» отображает текущее состояние всех каналов. Присутствует возможность подать основные управляющие команды сразу на несколько каналов. На данном видеокдре также отображается признак какой-либо ошибки или аварийной ситуации на канале, а также отображено текущее состояние САЮ. На рис. 3 представлен данный видеокдр.

В окне «Журнал событий» отображается информация о поданных командах, о сменах статуса оборудования, о возникающих ошибках на оборудовании.

В окне «Этапы юстировки» отображается информация о времени начала юстировки, результате юстировки, направлении и количестве шагов, произведенных шаговыми двигателями, а также координаты центра тяжести изображения, полученного с камер на каждом этапе юстировки. Данная информация необходима для возможности возврата к начальной оптической схеме, в случае увода пятна из поля зрения камер.

Видеокдр «Состояние оборудования канала» дает возможность подать весь спектр команд, отображает текущее состояние всего оборудования канала, наличие запрета/разрешения на подачу определенных команд от смежной подсистемы, а также отображается возникшая ошибка или аварийная ситуация.

Видеокдр «Юстировка канала» позволяет запустить юстировку в автоматическом режиме и наблюдать процесс юстировки, либо отъюстировать

канал в ручном режиме путем управления моторизованными оправами зеркал и шаговыми двигателями и анализом изображений с камер. Также присутствует возможность подбирать светофильтры путем подачи команд на смены светофильтров и анализировать изображения с камер. На рис. 4 представлен данный видеокادر.

Видеокادر «Данные предыдущих экспериментов» отображает результаты проведенных экспериментов. Результатами являются числовые данные, осциллограммы и изображения с камер. Также отображается информация какие светофильтры использовались во время эксперимента и их степень пропускания. На рис. 5 представлен данный видеокادر.

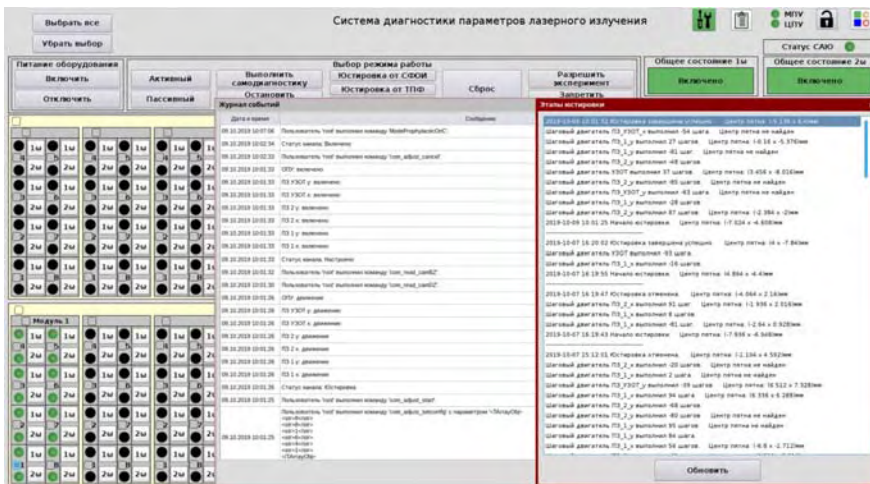


Рис. 3. Видеокادر «Система диагностики параметров лазерного излучения»

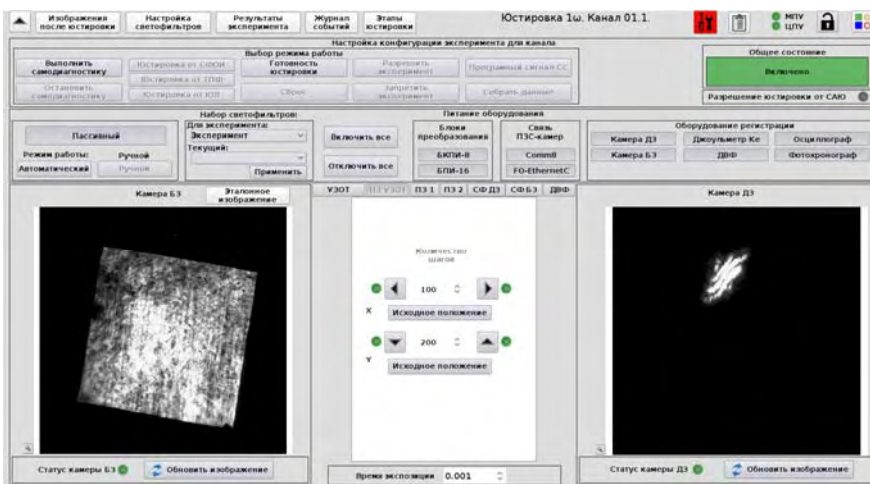


Рис. 4. Видеокادر «Юстировка канала»

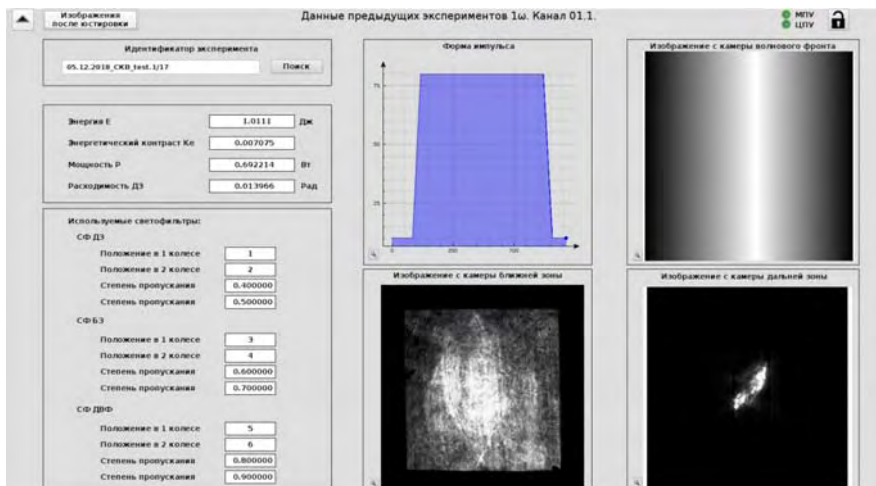


Рис. 5. Видеокادر «Данные предыдущих экспериментов»

Описание САУ СДПЛИ

ППО САУ СДПЛИ построено по модульному принципу, и состоит из отдельных, независимо выполняющихся в среде ОС Astra Linux программ различного назначения, взаимодействующих с внешними системами и между собой. Перечень программных модулей ППО САУ СДПЛИ:

- модуль интерфейса интеграционной платформы (МИИП) (8 шт.);
- модуль алгоритмов САУ (МА САУ) (8 шт.);
- модуль управления БВВУ (МУ БВВУ) (8 шт.);
- модуль управления камерой S2C (МУК S2C) (2 шт.);
- модуль управления камерой VAC (МУК S2C) (1 шт.);
- модуль обработки и анализа изображений (МОАИ) (1 шт.);
- модуль управления комплектом джоульметров (МУ КД) (1 шт.);
- модуль сбора данных ИБП (МСД ИБП) (1 шт.).

Схема взаимодействия модулей приведена на рис. 6. Обозначения на схеме:

- ИП – интеграционная платформа;
- ИБП – источник бесперебойного питания;
- БВВУ – блока ввода-вывода универсальный;
- ШД – шаговый двигатель;

- СФ – светофильтр;
- ПЗ – поворотное зеркало;
- РЭК – Регистратор энергетического контраста;
- ЛД – Лазерный джоульметр;
- ПЭ – Джоульметр-монитор;
- ПЭШ – Джоульметр широкоапертурный;
- VAC – ФПЗС (фотоприбор с зарядовой связью) – камера;
- S2C – ФПЗС – камера.

Применяемые технологии

В ходе разработки программного комплекса управления СДПЛИ ЛУ были применены следующие технологии:

- ОС Astra Linux;
 - высокоуровневые языки программирования С и С++;
 - скриптовый язык программирования JavaScript;
 - СУБД PostgreSQL;
 - процедурный язык SQL;
 - объектно-ориентированное программирование;
 - многопоточное программирование;
- SCADA – система из состава БПП.

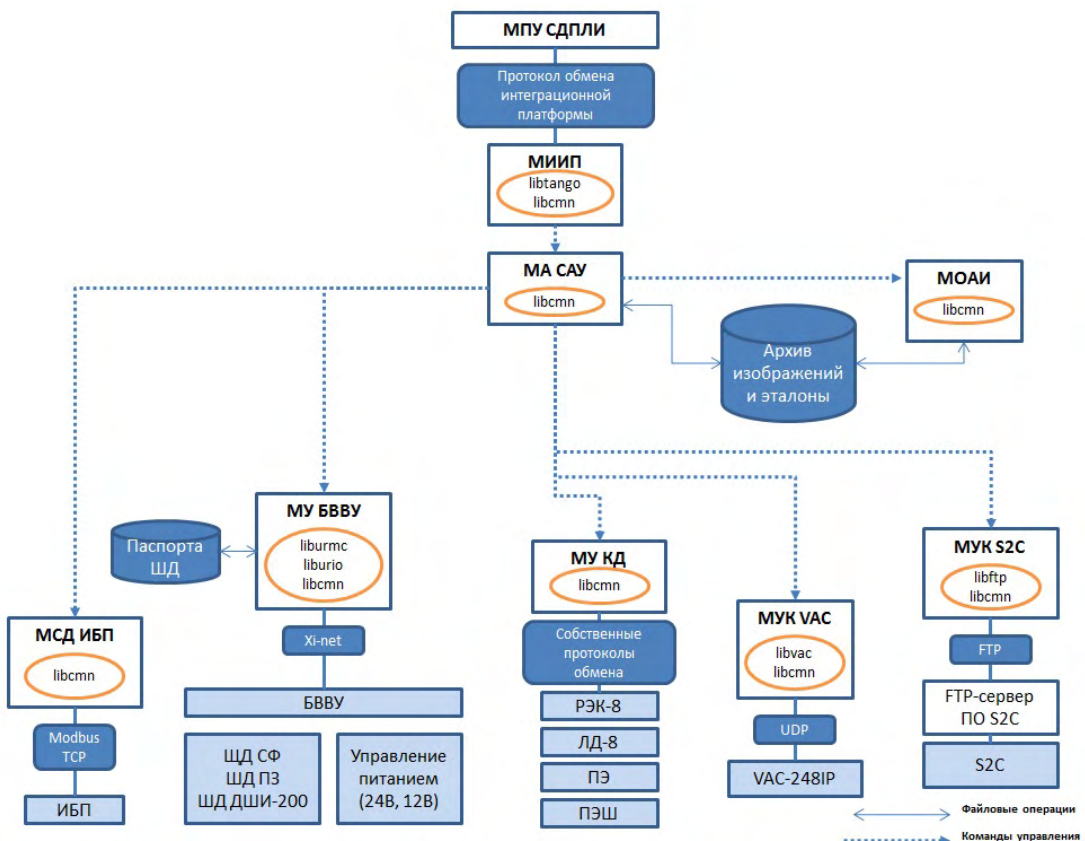


Рис. 6. Схема ППО САУ СДПЛИ

Проведение испытаний

Для проведения испытаний программного комплекса СДПЛИ был организован испытательный комплекс восьмиканального модуля. На момент проведения испытаний реальное оборудование обеспечивало работу СДПЛИ только одного канала одного модуля, поэтому так же были использованы виртуальные САУ СДПЛИ, которые были запущены на сервере интеграционной платформы СДПЛИ.

В ходе проведения испытаний было проведено несколько экспериментов со срабатыванием реального оборудования.

В результате испытаний было определено, что разработанный программный комплекс управления системой диагностики параметров лазерного излучения многоканальной лазерной установки обеспечивает выполнение требований к ЦПУ, МПУ СДПЛИ, САУ СДПЛИ, а именно:

- обеспечивает возможность проведения эксперимента на всей установке;
- обеспечивает возможность работы только на МПУ с целью проведения ремонтных и тестовых работ;
- обеспечивает сбор отображения и хранение информации об ошибках, а так же отработка аварийных защит;
- обеспечивает сбор, хранение и возможность просмотра результатов эксперимента;
- обеспечивает выдачу команд управления технологическим оборудованием и контроль их выполнения;
- осуществляет непрерывную диагностику состояния подключенного технологического оборудования и самодиагностику САУ;

- обеспечивает проведение автоматической юстировки, а также юстировки в ручном режиме;
- обеспечивает подготовку оборудования к проведению эксперимента, и сбор данных эксперимента.

Заключение

Разработанный авторами программный комплекс управления системой диагностики параметров лазерного излучения многоканальной лазерной установки, состоящий из ППО ЦПУ, ППО МПУ СДПЛИ и ППО САУ СДПЛИ, обеспечивает:

- возможность отображения оператору всей необходимой информации для проведения эксперимента и проведения тестовых работ, обеспечивает сбор, хранение и возможность просмотра результатов эксперимента;
- отображение и хранение информации об ошибках;
- в автоматизированном режиме включение и настройку технологического оборудования;
- выполнение автоматической юстировки оборудования оптических каналов, а также позволяет автоматизировать все процессы подготовки и проведения эксперимента. Автоматизация этих процессов позволяет значительно облегчить эксплуатацию лазерной установки и сократить время подготовки к эксперименту.

В настоящее время программный комплекс управления СДПЛИ ЛУ разработан, установлен на испытательном стенде восьмиканального модуля и проходит опытную эксплуатацию на объекте заказчика.