

INSTRUMENTAL SOFTWARE PLATFORM FOR THE DEVELOPMENT OF INFORMATION AND DIAGNOSTIC COMPLEXES ISP “SALUT”

G. V. Dobrianskiy, N. S. Melnikova *, V. N. Movila

Industrial complex “Salut” of the JSC “UEC”

** ninameln1954@yandex.ru*

Submitted 2022, August 4

Abstract. Based on the instrumental software platform ISP “Salyut” developed at JSC «UEC», a modern approach is proposed to automation the development of complex branched software products, in particular, information and diagnostic systems for servicing aircraft engines in maintenance. A modern approach to the development of technological software consist in the preliminary creation of instrumental software platforms, which allows you to quickly and efficiently develop software products united by a single theme. ISP “Salyut” presents a general software framework for creating information add diagnostic complexes for technical maintenance systems of an engine of any type and its regulator in the process of creating complexes and operation using plug-ins (software extensions in the form of dynamic libraries).

Keywords: software platform; information and diagnostic complex; plug-in; aircraft engine; maintenance; diagnostic tool; analysis.

ИНСТРУМЕНТАЛЬНАЯ ПРОГРАММНАЯ ПЛАТФОРМА ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ИНФОРМАЦИОННО-ДИАГНОСТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ИПП «САЛЮТ»

Г. В. Добрянский, Н. С. Мельникова *, В. Н. Мовила

Производственный комплекс «Салют» АО «ОДК»

** ninameln1954@yandex.ru*

Поступила в редакцию 4.08.2022

Аннотация. На основе разработанной на производственном комплексе «Салют» АО «ОДК» инструментальной программной платформы ИПП «Салют» предлагается современный подход к автоматизации разработки сложных разветвленных программных продуктов, в частности, информационно-диагностических комплексов, для обслуживания авиационных двигателей в эксплуатации на разных этапах их жизненного цикла. Современный подход при разработке технологического программного обеспечения состоит в предварительном создании инструментальных программных платформ, которые позволяют быстро и качественно разрабатывать программные продукты, объединенные единой тематикой. Инструментальная программная платформа ИПП «Салют» представляет собой программный каркас для создания информационно-диагностических комплексов для технических систем обслуживания двигателя любого типа и его регулятора в процессе создания ИДК и эксплуатации с использованием плагинов (программных расширений в виде динамических библиотек).

Ключевые слова: программная платформа; информационно-диагностический комплекс; плагин; авиационный двигатель; обслуживание; диагностическое средство; анализ.

ВВЕДЕНИЕ

Для обеспечения регулярных и безопасных рейсов магистральных самолетов и своевременного выполнения полетных заданий боевых самолетов требуется содержание всех систем летательного аппарата в исправном состоянии. Поэтому при эксплуатации самолетов и двигателей в их составе требуется своевременный системный подход к разработке интегрированной логистики поддержки жизненного цикла, важной частью которого является организация предполетного и послеполетного обслуживания (ППО) самолета [1], двигателя и входящих в них систем. Как отмечается в работах А. Г. Некрасова (www.Aviaport.ru), ППО – это Ахиллесова пята авиапрома.

Для решения указанной проблемы в настоящее время в авиадвигателестроении активно внедряются информационно-диагностические системы/комплексы (ИДС/ИДК).

Одной из задач при создании и модернизации ИДС под конкретные двигатели является внедрение автоматизации, позволяющей обеспечить снижение временных и финансовых затрат на разработку. Для этого необходимо создание гибкого и масштабируемого программного обеспечения [2, 3], позволяющего производить настройку, регулировку с сохранением технологической информации для разных типов двигателей и их регуляторов.

Современный подход при разработке технологического программного обеспечения состоит в предварительном создании инструментальных программных платформ, которые позволят быстро и качественно разрабатывать программные продукты, объединенные единой тематикой.

ИНСТРУМЕНТАЛЬНАЯ ПРОГРАММНАЯ ПЛАТФОРМА ИПП «САЛЮТ»

Разработанная на производственном комплексе «Салют» АО «ОДК» инструментальная программная платформа ИПП «Салют» представляет собой программный каркас для создания информационно-диагностических комплексов (ИДК) для технических систем обслуживания двигателя любого типа и их регуляторов в процессе создания ИДК и эксплуатации с использованием плагинов (программных расширений в виде динамических библиотек). Примерами удачно спроектированных программ мирового уровня с поддержкой плагинов являются Eclipse, QtCreator, vim, VisualStudio, FireFox и многие другие.

Обновление функциональности основного приложения ИПП происходит простой заменой файлов расширений: подключив к базовому программному обеспечению соответствующий набор расширений, можно сформировать инструментальное диагностическое средство для анализа работы, настройки и регулирования любого типа двигателя и его регулятора.

ИПП «Салют» для создания информационно-диагностических комплексов является кросс-платформенной и работает в двух операционных системах – Astra Linux и Windows.

Текущая версия ИПП «Салют» была успешно протестирована и эксплуатируется в среде российской операционной системы Astra Linux.

ЯДРО ИПП

Ядро программного обеспечения ИПП представляет собой постоянную программную часть информационно-диагностических программ и служит базой для создания новых информационно-диагностических комплексов.

Упрощенная блок-схема ПО ядра ИПП представлена на рис. 1, где:

- 1) Блок МПВВ – механизм поиска, валидации и встраивания плагина;
- 2) Блок МДИ – многодокументный интерфейс приложения;
- 3) Блок БКП – база кодов загруженных плагинов;
- 4) Блок ММД – механизм маршаллинга данных;
- 5) Блок ДВИ – драйвера внешних интерфейсов;
- 6) П1 ... ПN – плагины информационно-диагностического комплекса.

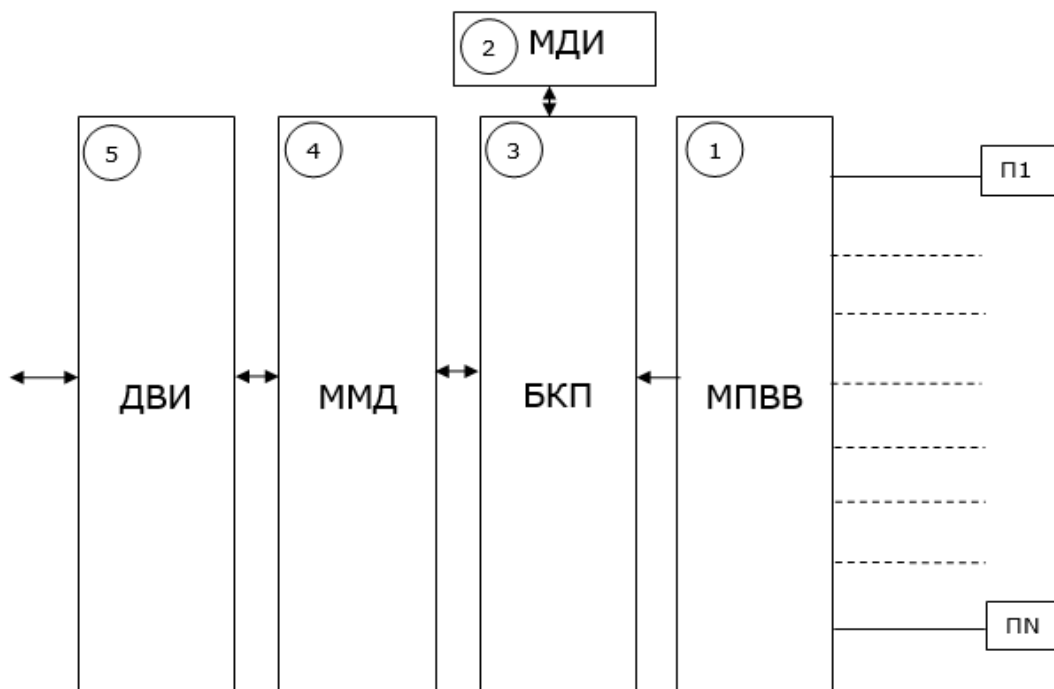


Рис. 1. Блок-схема ПО ядра ИПП

Визуальной частью ядра ИПП является многодокументный интерфейс (МДИ) – графический интерфейс пользователя, в котором окна плагинов располагаются внутри одного главного окна программы (рис. 2). МДИ позволяет управлять окнами плагинов – создавать, удалять, сворачивать, изменять размер и месторасположение на экране; включает возможность управления меню и строкой статуса главного окна программы.

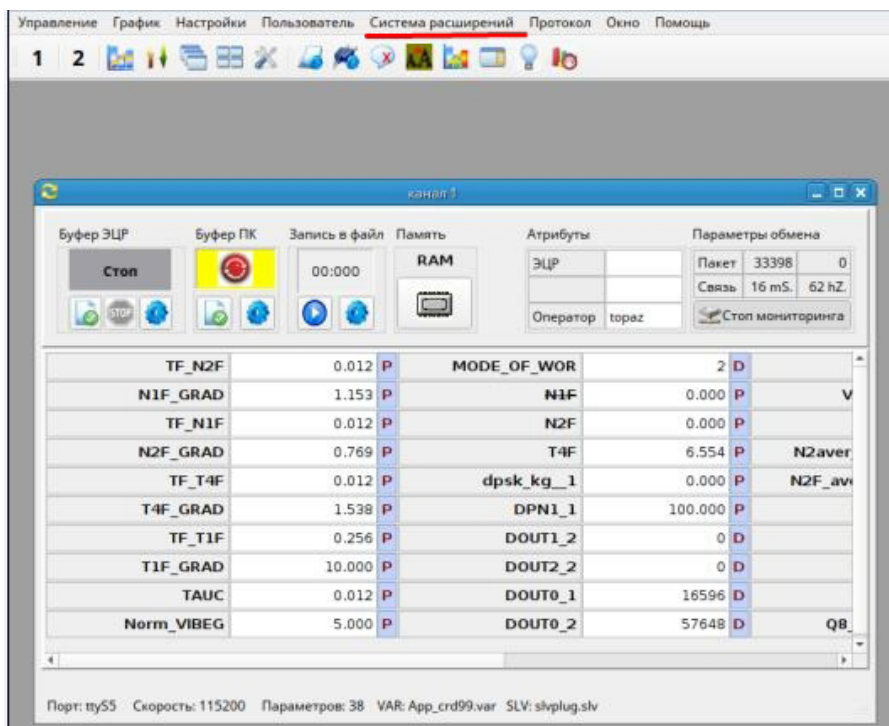


Рис. 2. Главное окно программы с работой 1-го канала



Рис. 3. Панель инструментов программы

Панель инструментов программы (рис. 3) состоит из кнопок, нажатие которых выполняет следующие действия:

1. 1 – открытие первого канала;
2. 2 – открытие второго канала;
3. Запуск внешней утилиты «QtGraph»;
4. Смена активного канала;
5. Расположить окна каскадом;
6. Расположить окна плиткой;
7. Общие настройки;
8. Настройки параметра мониторинга;
9. Настройки порта связи;
10. Открыть/скрыть окно сообщений;
11. Увеличить/уменьшить шрифт;
12. Запуск окна бегущих графиков;
13. Просмотр области памяти;
14. Снять подсветку;
15. Очистить список бегущих графиков.

Программное обеспечение ядра ИПП по умолчанию (без подключенных плагинов) обладает полными функциональными свойствами монитора параметров [4] двигателя с возможностью изменения данных соответственно правам пользователя, отображения значений параметров в виде таблицы и в виде «бегущих графиков» (рис. 4), а также осуществлять запись данных мониторинга в файл.

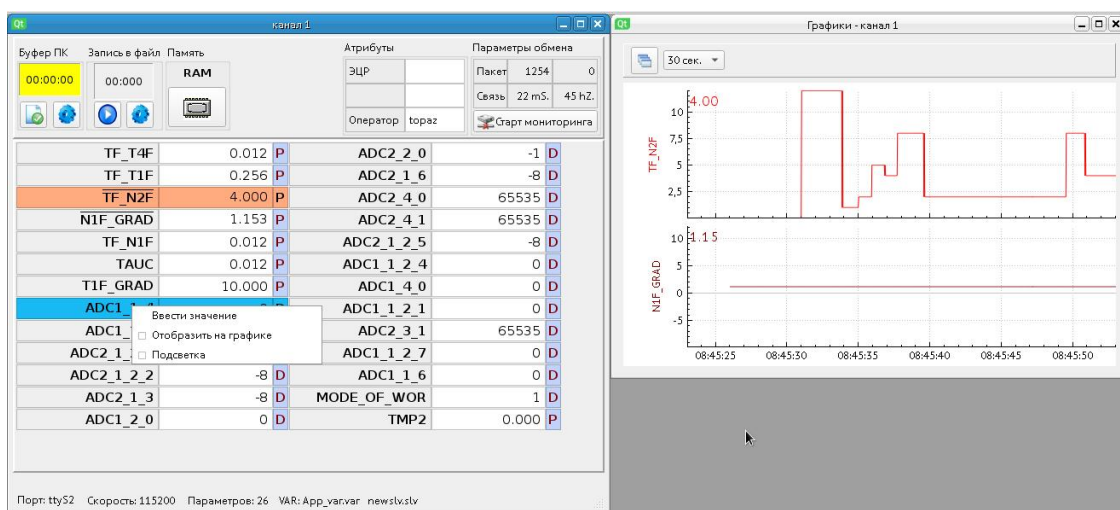


Рис. 4. Окно отображение параметров в виде таблицы и в виде графиков

Механизм поиска, валидации и встраивания плагинов (МПВВ) срабатывает при загрузке ПО ядра ИПП в память компьютера и запуске его на выполнение.

МПВВ производит сканирование папки, содержащей файлы плагинов и, при обнаружении файлов плагинов, осуществляется валидация (проверка на соответствие формату плагинов ИПП). Если проверка прошла успешно, происходит загрузка программного кода плагина в базу кодов плагинов.

МПВВ плагинов можно запустить вручную, выбрав пункт меню «Система расширений -> Поиск расширений» – эта возможность позволяет расширить функциональность программы даже во время активной работы. Вид окна программы после вызова пункта меню «Система расширений» показан на рис. 5.

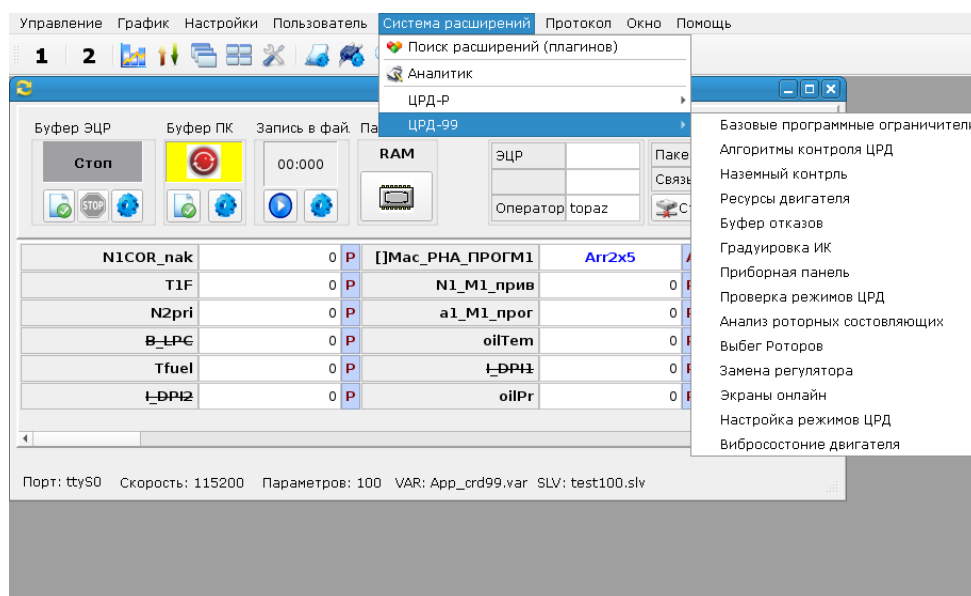


Рис. 5. Вид окна программы после вызова пункта меню «Система расширений»

База кодов плагинов (БКП) служит для хранения программного кода плагинов, а также формирует и обрабатывает сигналы управления блоков многодокументного интерфейса (МДИ) и механизма маршаллинга данных (ММД).

При получении уведомляющего сигнала об успешной загрузке кода плагина от БКП механизм МДИ производит реорганизацию системы навигации программы: добавляет новые пункты меню и иконки кнопок «быстрого запуска». При выборе в меню конкретного плагина из БКП считывается в память программы и запускается на выполнение код плагина, функциональное окно плагина выводится на экран и располагается согласно настройкам программы.

При завершении работы плагина механизм МДИ отправляет управляющий сигнал в БКП. При получении сигнала о завершении работы БКП генерирует уведомляющий сигнал в блок ММД и производит выгрузку кода плагина из памяти программы.

ММД служит для осуществления маршрутизации данных между активными плагинами и потоком данных внешнего интерфейса системы автоматического управления двигателем.

При получении от БКП уведомляющего сигнала об успешной загрузке и запуске на выполнение кода плагина ММД перестраивает свою внутреннюю таблицу маршрутизации данных, которая определяет, какая часть общего потока данных относится к каждому конкретному плагину.

Во время приема данных ММД расщепляет общий поток данных на пакеты данных плагинов и рассылает пакеты соответствующим плагинам. Во время передачи данных из пакетов данных плагинов формируется, согласно таблице маршрутизации данных, общий пакет данных и передается в систему автоматического управления двигателем.

Блок драйверов внешних интерфейсов (ДВИ) служит для организации обмена данными с адаптерами различных типов внешних интерфейсов. На сегодняшний момент поддерживаются следующие типы интерфейсов:

- RS232/422/485;
- Ethernet/WiFi;
- Bluetooth.

ПЛАГИНЫ

Плагин (расширение) – независимо компилируемый программный модуль, динамически подключаемый к основной программе и предназначенный для расширения ее функциональных возможностей. В хорошо спроектированной системе с применением плагинов любой разработчик, знающий протокол интерфейсов, может добавить свой собственный функционал, без наличия исходных кодов основной системы.

Приложение с поддержкой плагинов использует гибкую модель работы: имеется ядро, которое предоставляет минимальный функционал и служит скелетом системы, а плагины выступают в роли вспомогательных модулей, с которыми ядро взаимодействует. При этом любой из плагинов можно легко отключить или подключить без изменения исходных кодов ядра основной системы.

В операционной системе плагины выглядят как бинарные файлы с программным кодом. Такие файлы подгружаются в систему динамически по мере необходимости.

Плагины ИПП «Салют» содержат системный код, в котором определен механизм встраивания в ПО ядра ИПП и интерфейс обмена данными с ядром. Код пользователя плагина определяет алгоритм и визуализацию функционального окна плагина.

На рис. 6 показан вид окна программы с загруженными и активными плагинами, расположенными в окне программы произвольным образом.



Рис. 6. Вид окна программы с загруженными и активными плагинами

Расположить окна плагинов в порядке, удобном для пользователя, можно вручную или использовать пункты меню, или кнопки «быстрого запуска»:

- расположить каскадом;
- расположить плиткой.

Также можно свернуть функциональное окно плагина в левый нижний угол главного окна многодокументного интерфейса.

ПРИМЕРЫ ПЛАГИНОВ ИПП

Плагин «Приборное окно».

В окне плагина отображаются в реальном времени параметры двигателя и регулятора в соответствии с рис. 7.

Для визуализации данных параметров двигателя используются стрелочные и цифровые индикаторы. Для запуска процессов тестирования применяются как стандартные кнопки, так и круглые объемные кнопки, меняющие свой цвет в зависимости от фазы выполнения команды.

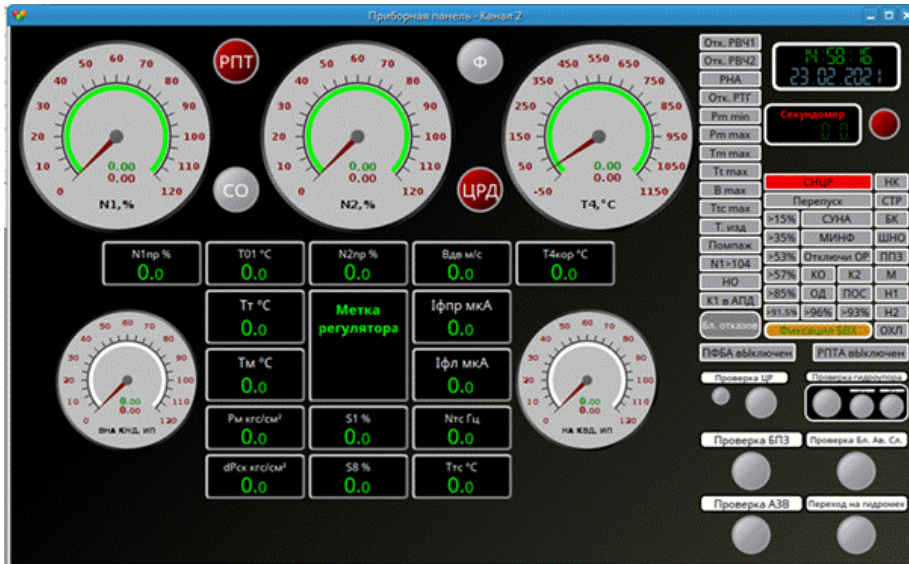


Рис. 7. Вид плагина «Приборное окно»

Плагин «Буфер отказов».

Плагин (рис. 8) предназначен для вывода на экран монитора информации, содержащейся в буфере отказов цифрового регулятора системы автоматического управления двигателем.

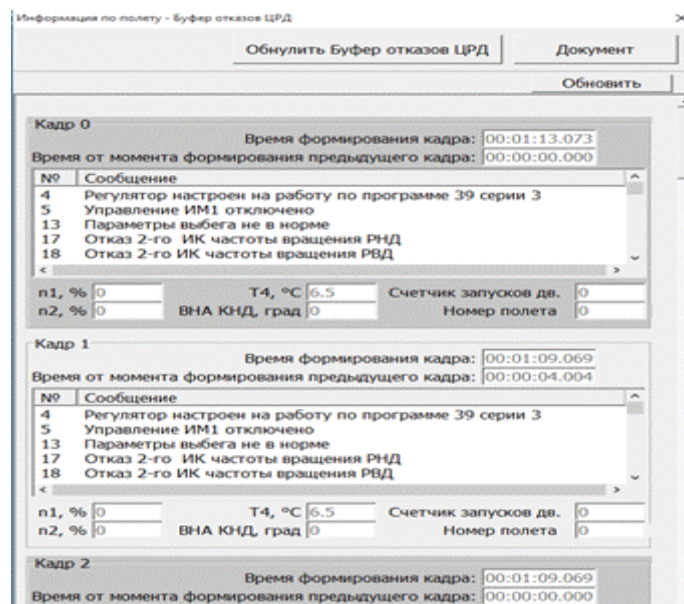


Рис. 8. Вид окна плагина «Буфер отказов» с кадрами

В функциональном окне плагина «Буфер отказов ЦРД» открывается кадр в соответствии с рис. 8, содержащий следующую информацию:

- выявленные в процессе работы двигателя отказы;
- значения времен, характеризующих момент возникновения отказа;
- значения основных параметров двигателя в момент отказа;
- номер запуска двигателя и номер полета, в котором произошел отказ.

Плагин «Выбег роторов».

При инициализации плагина «Выбег роторов» открывается окно меню с вкладками:

- «Гистограммы»;
- «График выбега в наземной гонке».

При открытии вкладки «Гистограммы» в функциональном окне плагина отображаются параметры выбега роторов высокого и низкого давления двигателя, соответственно РВД и РНД, в виде гистограммы (рис. 9) и в виде таблицы, где в качестве аргумента должен быть приведен условный номер (от 1 до 50) одного из крайних 50 полетов.

При выборе вкладки «График выбега в наземной гонке» в функциональном окне отображаются графики отсчета времени выбега РНД и РВД (рис. 10) при наземном опробовании. Построение графиков основывается на данных, которые регистрируются при наземном опробовании в реальном времени.

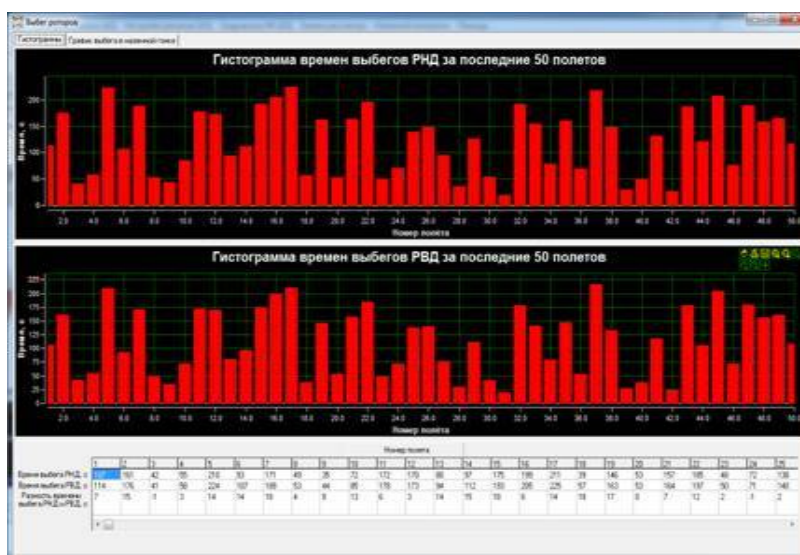


Рис. 9. Вид плагина «Выбег роторов»

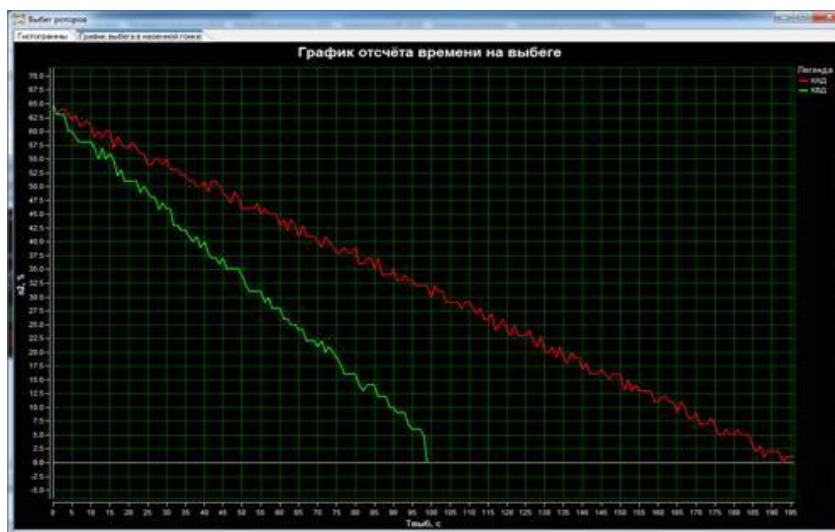


Рис. 10. Графики отсчета времени выбега РНД и РВД

ИНФОРМАЦИОННО-ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ НА БАЗЕ ИПП

Информационно-диагностический комплекс на базе ИПП – это инструментальная программная платформа, которая является постоянной частью (ядром) плюс программные расширения (плагины), реализующие алгоритмы информационно-диагностического комплекса для конкретной технической системы обслуживания двигателя.

ИПП поддерживает возможность создания пакетов плагинов, объединенных общей целью и типом регулятора. При подключении новых пакетов, ПО ядра автоматически распознает эти пакеты, реорганизует свою систему навигации и включает их функциональные возможности в состав ИПП.

Для расширения функциональных возможностей информационно-диагностических комплексов, созданного на базе ИПП, может быть разработан новый плагин на основе существующего шаблона плагина, что позволяет существенно сэкономить время на разработку. Шаблон плагина – это проект плагина, обладающий базовыми функциональными возможностями, общими для всех плагинов:

- механизмом встраивания в ядро ИПП;
- функциями валидации и регистрации для ядра ИПП;
- механизмом обмена данными с ядром ИПП;
- базовым виджетом (окном) плагина.

К проекту плагина прилагается подробная инструкция по созданию пользовательского плагина на основе шаблона.

Разработчику информационно-диагностического комплекса на базе ИПП предоставляется инструментальный набор программных библиотек из компонентов отображения и управления в виде исходных кодов. Для модернизации возможностей информационно-диагностических комплексов следует внести коррективы в ПО конкретного плагина. Работы по расширению и модернизации функциональных возможностей напрямую не связаны с ПО ядра комплекса и не влияют на общую надежность и устойчивость работы ИПП.

При таком подходе в 2–4 раза уменьшается время и стоимость разработки новых информационно-диагностических комплексов. Повышается надежность работы создаваемых информационно-диагностических комплексов за счет использования готовой, проверенной постоянной части инструментальной программной платформы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложена технология разработки информационно-диагностических комплексов с использованием ядра ИПП, функций валидации и регистрации для ядра, с механизмом обмена данными с ядром и базовым окном плагина. Представленный подход в 2–4 раза сокращает время и стоимость разработки новых ИДК, повышает надежность создаваемых ИДК за счет использования проверенной постоянной части – ядра ИПП.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Подход** к разработке прототипа интеллектуальной системы поддержки процессов технического обслуживания и ремонта при эксплуатации изделий аэрокосмической промышленности на основе мультиагентных технологий / О. И. Лахин [и др.] // Информационно-управляющие системы. 2015. № 4 (77). С. 10–16. [O. I. Lakhin, et al., "Developing a prototype intelligent system for maintenance and repair of aerospace products based on multi-agent technologies", (in Russian), in *Informacionno-upravlyayushhie sistemy*, no. 4 (77), pp. 10-16, 2015.]
2. **Руководство** по организации сбора, обработки и использования полетной информации в авиапредприятиях гражданской авиации РФ. МГА РФ, 30.04.2020. 36 с. [*Management on organization of collection, processing and use of flight information in civil aviation enterprises Russian Federation*, (in Russian). MGA RF, 30.04.2020.]

3. **Руководство** к программам анализа полетных данных (ПАПД). Дос. 10000 ИКАО. Международная организация гражданской авиации. Издание первое, 2014. 38 с. [*Manual for Flight Data Analysis Programs (DAPAs). Doc. 10000 ICAO*, (in Russian). International Civil Aviation Organization. First edition, 2014.]

4. **Машонин О. Ф.** Диагностика авиационных газотурбинных двигателей с использованием информационного потенциала контролируемых параметров: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. М.: МГТУ гражданской авиации, 2005. 30 с. [О. Ф. Mashonin, *Diagnosis of aircraft gas turbine engines using the information potential of controlled parameters: Dr. of Tech. Sci. Diss. Abstr.*, (in Russian). Moscow, 2005.]

ОБ АВТОРАХ

ДОБРЯНСКИЙ Георгий Викторович, гл. конструктор ПК «Салют» АО «ОДК». Д-р техн. наук по тепловым, электроракетным двигателям и энергоустановкам летательных аппаратов (ЦИАМ, 1985). Иссл. в обл. управления, алгоритмизации, обработки информации.

МЕЛЬНИКОВА Нина Сергеевна, зам. гл. конструктора ПК «Салют» АО «ОДК». Д-р техн. наук по тепловым, электроракетным двигателям и энергоустановкам летательных аппаратов (МГТУ «МАИ», 2012). Иссл. в обл. управления, алгоритмизации, обработки информации.

МОВИЛА Вячеслав Николаевич, нач. отд. СП «Завод «Топаз» АО «ОДК». Иссл. в обл. алгоритмизации, обработки информации, разработки информационных программных платформ.

DOBRYANSKY, Georgiy Viktorovich, chief designer of the production complex "Salyut", JSC "United Engine Building Corporation". Dr. of Tech. Sci. in thermal electric rocket engines and power-planting devices (CIAM, 1985). Research in field of aircraft engine control system, algorithmization, information processing.

MELNIKOVA, Nina Sergeevna, deputy chief designer of the production complex "Salyut", JSC "United Engine Building Corporation". Dr. of Tech. Sci. in thermal electric rocket engines and power-planting devices (MAI, 2012). Research in field of aircraft engine control system, algorithmization, information processing.

MOVILA, Vyacheslav Nikolaevich, head of the programming sector at the "Topaz" plant, JSC "United Engine Building Corporation". Research in field of algorithmization, processing of other rules, development of information software platforms.

Language: Russian.

Source: Vestnik UGATU (scientific journal of Ufa State Aviation Technical University), vol. 26, no. 3 (97), pp. 90-99, 2022. ISSN 2225-2789 (Online), ISSN 1992-6502 (Print).