

INTELLIGENT SYSTEM FOR COLLECTING AND ANALYZING AIRCRAFT ENGINE FLIGHT DATA

G. V. Dobrianskiy, N. S. Melnikova *, V. N. Movila, A. K. Namazov

Industrial complex "Salut" of the JSC "UEC"

** ninameln1954@yandex.ru*

Submitted 2022, August 4

Abstract. The composition of the intelligent system for collecting and analyzing flight data of aircraft engines, which includes the software package "Analyst", used for the operational analysis of flight data of the engine and its systems, is considered the technology of forming formalized queries is given, implemented in the form of "logical calculator" in the application software. Information for analysis is provided in the form of files, recorded during the flight using a technological information recording device. Engine operation data on test benches are formed on the basis of engine monitoring and are read from the engine controller system using the instrumental software platform of the ISP "Salyut". The technology of forming formalized queries is presented, implemented in the application software in form of a "Logic calculator", which provides various studies of the received data, including in automatic mode.

Keywords: aircraft engine; software; operational analysis; flight data; formalized queries; diagnostics.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА СБОРА И АНАЛИЗА ПОЛЕТНЫХ ДАННЫХ АВИАЦИОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Г. В. Добрянский, Н. С. Мельникова *, В. Н. Мовила, А. К. Намазов

Производственный комплекс «Салют» АО «ОДК»

** ninameln1954@yandex.ru*

Поступила в редакцию 4.08.2022

Аннотация. Рассмотрен состав интеллектуальной системы сбора и анализа полетных данных авиационных двигателей, в который входит программный комплекс «Аналитик», используемый для оперативного анализа послеполетных параметров двигателя и его систем. Информация для проведения анализа предоставляется в виде файлов, записанных в процессе полета с использованием устройства записи технологической информации. Данные эксплуатации двигателя на стендах формируются на базе мониторинга двигателя и считываются из регулятора двигателя с использованием инструментальной программной платформы ИПП «Салют». Представлена технология формирования формализованных запросов, реализованная в прикладном программном обеспечении в виде «Логического калькулятора», который обеспечивает проведение различных исследований полученных данных, в том числе и в автоматическом режиме.

Ключевые слова: авиационный двигатель; программные средства; оперативный анализ; полетные данные; формализованные запросы; диагностирование.

ВВЕДЕНИЕ

Отечественный и зарубежный опыт эксплуатации гражданских магистральных и боевых самолетов показывает, что до 43 % всех зафиксированных отказов и неисправностей приходится на газотурбинные двигатели.

Авиационный двигатель – самая дорогая часть самолета. От его технического состояния существенно зависит качественное и своевременное выполнение полетного задания. Поэтому эксплуатирующие организации обязаны вовремя проводить диагностирование технического состояния двигателей и поддерживать силовые установки самолетов в работоспособном состоянии [4, 5]. Внеплановое обслуживание, из-за несвоевременно обнаруженных проблем и их устранения, может стать очень дорогим удовольствием, требующим значительных временных и финансовых ресурсов на ремонт авиационных двигателей.

Самые дорогие и трудозатратные части двигателя – это лопатки компрессоров и турбин, системы управления, подшипники. Несмотря на то, что при изготовлении реактивных двигателей используются самые современные материалы и технологии, двигатели не могут избежать износа, на развитие которого оказывают влияние вибрации, трение, высокие температуры и коррозия из-за внешнего воздействия и прочее.

Всесторонний и оперативный анализ параметров авиационного двигателя позволяет значительно повысить безопасность полетов за счет своевременного обнаружения и устранения неисправностей отдельных узлов двигателя, а также повысить боеготовность самолета за счет сокращения времени принятия решения о готовности двигателя к выполнению полетного задания. Послеполетная подготовка является основным и наиболее ответственным этапом подготовки летательного аппарата к очередным полетам.

В большинстве случаев в эксплуатации послеполетная подготовка осуществляется следующим образом: по окончании полетов летчик сообщает технику о том, как работала в полете силовая установка, и если в полете были обнаружены неисправности, то сообщается, на каком режиме работы двигателя или режиме полета они появились, характер их проявления и т.д.

На основании замечаний летчика инженерные службы должны подробно проанализировать неисправность, установить причину ее появления и устранить при помощи имеющихся в эксплуатации средств контроля. Однако субъективное восприятие летчиком и инженерными службами технического состояния систем самолета и двигателя не всегда может правильно оценить их реальное состояние.

Непрерывное развитие авиационной техники (АТ) и повышение требований к уровню безопасности и регулярности (боеготовности) полетов, а также улучшение экономических показателей вынуждают разрабатывать и внедрять более эффективные автоматизированные программы технического обслуживания и ремонта (ТО и Р), основанные на применении цифровых алгоритмов и устройств, а также на использовании алгоритмов искусственного интеллекта [1]. Важной составной частью таких программ является диагностирование [2].

Обеспечение требуемого уровня безопасности без снижения регулярности полетов достигается двухуровневым диагностированием: оперативным после каждого полета и углубленным по окончании летного дня.

Существующие средства диагностирования технического состояния АТ обычно требуют наличия достаточно мощной базы данных и, как следствие, значительного времени на обработку информации. Анализ полетной информации после каждого полета за время подготовки к следующему полету не всегда удается провести в полном объеме, что отрицательно сказывается на регулярности полетов.

СОСТАВ АППАРАТНЫХ И ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ СБОРА И АНАЛИЗА ПОЛЕТНЫХ ДАННЫХ

В настоящее время разработана обобщенная структура ИДС [2] и на ее основе изготовлены и внедрены в эксплуатационные подразделения ряд систем диагностирования техсостояния АТ. Эти системы различаются степенью автоматизации, полнотой диагностирования и техническими средствами реализации. Развитие и внедрение в системы управления современных авиадвигателей цифровой техники позволило одновременно внедрять в автоматизированные системы диагностирования и обслуживания новые алгоритмы анализа технического состояния узлов и систем двигателей и существенно сократить время на поиск неисправностей, на выбор способов их устранения и принятия решения о допуске самолета к очередному полету [3–7]. Практика показывает, что наиболее жизненным является положение о том, что разработкой алгоритмических, программных и аппаратных средств систем управления, диагностирования и обслуживания авиационных двигателей должен заниматься единый разработчик.

Основываясь на положительном опыте ряда предприятий объединенной двигателестроительной корпорации АО «ОДК» по созданию и эксплуатации подобных систем и прежде всего на разработках АО «ОДК-Климов» по созданию информационно-диагностического комплекса ИДК-93, на производственном комплексе «Салют» (ПК «Салют» АО «ОДК») также развернуты работы по разработке комплекса аппаратных и программных средств для углубленного анализа и мобильного обслуживания авиационного двигателя с цифровым регулятором в эксплуатации (рис. 1).



Рис. 1. Комплекс аппаратных и программных средств для углубленного анализа и мобильного обслуживания авиационного двигателя с цифровым регулятором в эксплуатации

В состав данного комплекса входят:

- цифровой регулятор двигателя;
- быстросъемный накопитель полетной информации;
- адаптер связи быстросъемного накопителя с наземным сервером базы данных;
- мобильное средство обслуживания регулятора двигателя на базе технологического промышленного компьютера МСОРД ТПК;
- сервер базы данных;
- программный комплекс анализа данных полета «Аналитик».

Кратко остановимся на задачах, исполняемых названными устройствами функции диагностирования технического состояния авиационного двигателя. Более подробное описание этих устройств (особенности конструкции, алгоритмы, выполняемые функции и др.) будет представлено в следующих статьях.

Цифровой регулятор авиационного двигателя ЦРД.

Наряду с функциями управления газотурбинным двигателем в ЦРД реализован расширенный комплекс алгоритмов контроля и диагностирования технического состояния двигателя и его систем, в состав которого включены алгоритмы вибродиагностики, параметрической диагностики, трендового анализа и др. По результатам онлайн-диагностирования системы внутреннего контроля в ЦРД автоматически формируется круговой буфер отказов, сохраняющий информацию о последних 25-ти случаях (кадрах) выявленных неисправностей. В каждом кадре сохраняется информация о зафиксированной неисправности двигателя и его систем, значения характерных параметров двигателя и данных полета.

Этой информации достаточно для «привязки» неисправности/дефекта к конкретному режиму и времени полета при детальном анализе полного объема данных, полученных со всех первичных источников информации в системе автоматического управления двигателем, приведенных на рис. 1, и хранящихся в накопителе полетной информации. Далее, с использованием «дерева» отказов, формируется сообщение для технического персонала о возможной причине отказа и рекомендации по устранению или более глубокому поиску неисправности.



Рис. 2. Внешний вид цифрового регулятора ЦРД

Быстросъемный накопитель (БН) полетной информации.

Комплект БН полетной информации (рис. 3) состоит из адаптера и двух взаимозаменяемых устройств записи (УЗ) и хранения в полете более 200 параметров двигателя и регулятора ЦРД

в цифровом виде с частотой опроса, соответствующей тактовой частоте работы процессора ЦРД. В рассматриваемом случае дискретность записи параметров составляет менее 0,02 секунды. Емкость устройства записи позволяет сохранить информацию за 200 часов полетов. Если в полете будет выключение двигателя, то устройство записи остановит запись информации, а при запуске двигателя в полете сформирует новый файл записи параметров.

Таким образом, по количеству файлов записи информации в полете можно будет определить количество выключений двигателя, что будет дополнительной информацией для анализа его состояния.

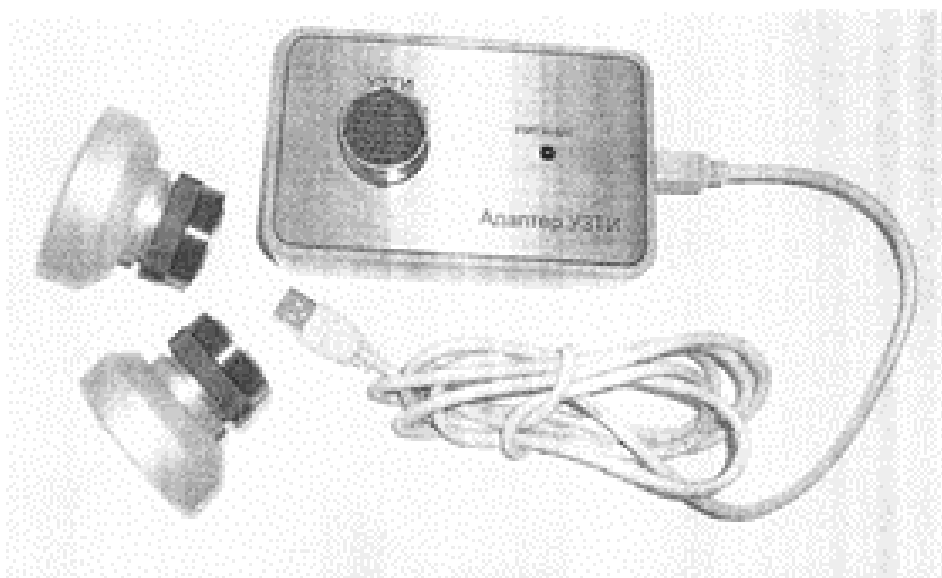


Рис. 3. Комплект быстрого съемного накопителя полетной информации

Устройство записи подключается к «контрольному» штепсельному разъему регулятора ЦРД. Данные каждого полета автоматически сохраняются в отдельном файле, который обрабатывается на УЗ при подаче питания на борт. При съеме с ЦРД одного заполненного устройства записи к ЦРД подключается второе. Время замены УЗ составляет менее 2-х минут.

Адаптер предназначен для настройки УЗ (какие параметры записывать на УЗ, сколько параметров и прочее) и считывания данных полета в память наземного компьютера базы данных для последующего хранения и анализа.

Мобильное средство обслуживания регулятора двигателя (МСОРД).

МСОРД ТПК (рис. 4) реализовано на базе технологического персонального компьютера (ТПК) и предназначено для настройки параметров двигателя и ЦРД, для выдачи управляющих команд и проведения мониторинга и контроля параметров двигателя в процессе проведения стендовых испытаний или наземного опробования двигателя, для обслуживания ЦРД при замене одного регулятора на другой, при считывании информации из буфера отказов и внутренней постоянной памяти регулятора с возможностью хранения информации в памяти МСОРД ТПК или передачи ее на сервер базы данных. В качестве ТПК может быть использован ноутбук типа Getac X500.

Сервер базы данных.

Сервер базы данных представляет собой мощный наземный компьютер с периферийными устройствами печати, копирования, визуализации, построения графиков и несколькими рабочими местами для одновременного анализа хранящейся в нем информации.



Рис. 4. Вид МСОРД ТПК, реализованный на базе ноутбука типа Getac X500

Емкость базы данных позволяет хранить в сжатом виде информацию о параметрах двигателей и регуляторов в течении всего жизненного цикла парка самолетов конкретной эксплуатирующей организации или ее отдельного подразделения.

В системе управления базой данных должны быть реализованы стандартные и специально разработанные приложения, позволяющие по запросу допущенного специалиста с удаленного рабочего места осуществлять ранжирование информации по нескольким критериям запроса, например, по номеру самолета, номеру двигателя или ЦРД; по дате полета, по характерной неисправности и др.

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС «АНАЛИТИК» ДЛЯ АНАЛИЗА ПОЛЕТНЫХ ДАННЫХ

Во время подготовки самолета к следующему полету, осуществляя анализ параметров двигателя и его регулятора после конкретного полета и производя оценку соответствия параметров заданным техническим требованиям, и что особенно важно, при наличии нештатных ситуаций, техническому персоналу требуется рассмотреть значительное количество параметров, оценить сочетание этих параметров и принять ответственное решение о допуске самолета к следующему полету.

Программный комплекс «Аналитик» создан для оперативного анализа послеполетных параметров двигателя и может функционировать как отдельное программное расширение в составе информационной программной платформы «ИПП «Салют», также и самостоятельно, в виде программного комплекса «Аналитик».

Для полноценного анализа работы двигателя требуется наличие следующих файлов, созданных в процессе полета или во время эксплуатации двигателя в наземных условиях (при наземном опробовании в составе самолета или на моторном стенде) и установленных на технологический компьютер:

- файл типа **.slv* (файл описания параметров мониторинга);
- файл типа **.mon* (файл с параметрами мониторинга);
- файл «буфера отказов» (файл с бинарными данными буфера отказов);
- файл типа **.MSG* (файл расшифровки бит буфера отказов).

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПК «АНАЛИТИК»

Функциональные возможности ПК «Аналитик» включают в себя:

- отображение параметров (выбранных пользователем) и их значений, в табличном виде во вкладке *Таблица параметров*;
- осуществление допускового и градиентного контроля, отображение результатов в виде окраски параметров в «таблице параметров» в зависимости от нахождения параметра в интервале его допусков (например, «зеленый» – в допуске, «красный» – вне допуска и т.д.);
- для параметров управления двигателем таких, как частоты вращения ротора низкого давления n_1 и ротора высокого давления n_2 , температура газа за турбиной низкого давления T_4 , угол установки a_1 лопаток входных направляющих аппаратов компрессора низкого давления, угол установки a_2 лопаток направляющих аппаратов компрессора высокого давления существует вывод в таблицу и подсчет следующих значений: программное значение параметра (заданное цифровым регулятором системы управления), фактическое значение параметра (замеренное соответствующим датчиком), отклонение параметра, как разность между программным значением и фактическим, в заданном пользователем временном интервале и по всему файлу записей; для прочих параметров определяются среднее, минимальное и максимальные значения, отклонение от среднего значения во временном интервале и по всему файлу записей;
- получение численных мгновенных значений (срезов) параметров в указанные пользователем моменты времени (метки на графике) и создание результирующей таблицы замеров;
- поиск временных интервалов, в котором выполняется набор условий, заданный пользователем (например, интервал, соответствующий выбранному режиму работы двигателя);
- задание условий поиска временных интервалов в виде формулы (так называемый *формализованный запрос*);
- использование программного средства *Логический калькулятор* для упрощения создания формализованного запроса;
- формирование библиотеки сформированных формализованных запросов для последующего их использования;
- отображение *Дерева отказов* на основании данных из буфера отказов цифрового регулятора двигателя;
- нанесение на графиках одинарной метки (замера), которая соответствует отказу, зафиксированному регулятором в буфере отказов;
- режим печати выбранных графиков.

Главное окно программы «Аналитик» содержит:

- строку меню для доступа ко всем возможностям расширения;
- панель инструментов для быстрого доступа к основным функциям;
- окна *Анализ* (состоящие из двух областей: в левой части – графическая визуализация, в правой части – аналитические режимы).

Вид главного окна программы «Аналитик» приведен на рис. 5.

Главное меню «Аналитик» содержит следующие разделы:

- *Файл*;
- *Настройки*;
- *Анализ*;
- *Вычисления*;
- *Окна*;
- *Помощь*.

Для начала работы по проведению анализа данных необходимо подключить список имеющихся *.top-файлов и выбрать интересующий файл (см. рис. 6).

Если структура выбранного файла мониторинга *.mon не соответствует приведенной в программном обеспечении структуре или файл данных поврежден, то программа «Аналитик» выдает предупредительное сообщение. В данных случаях построение графиков и аналитические функции программы выполнить не удастся.

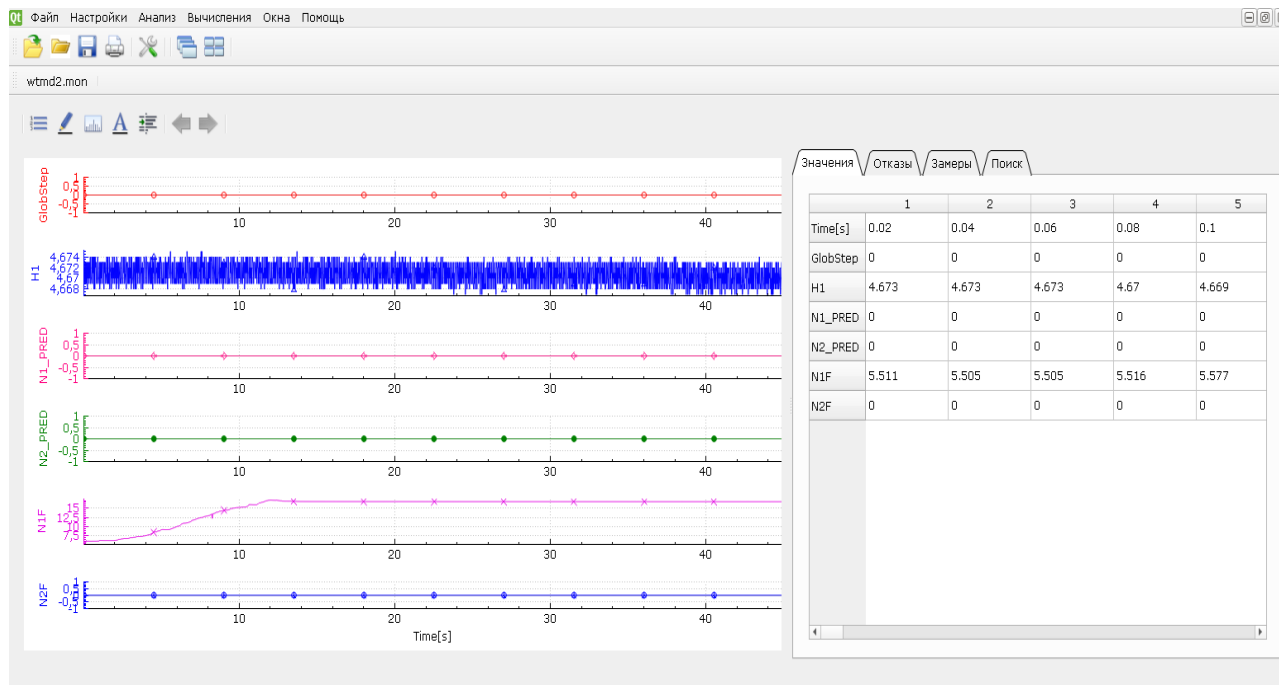


Рис. 5. Вид главного окна программы «Аналитик»

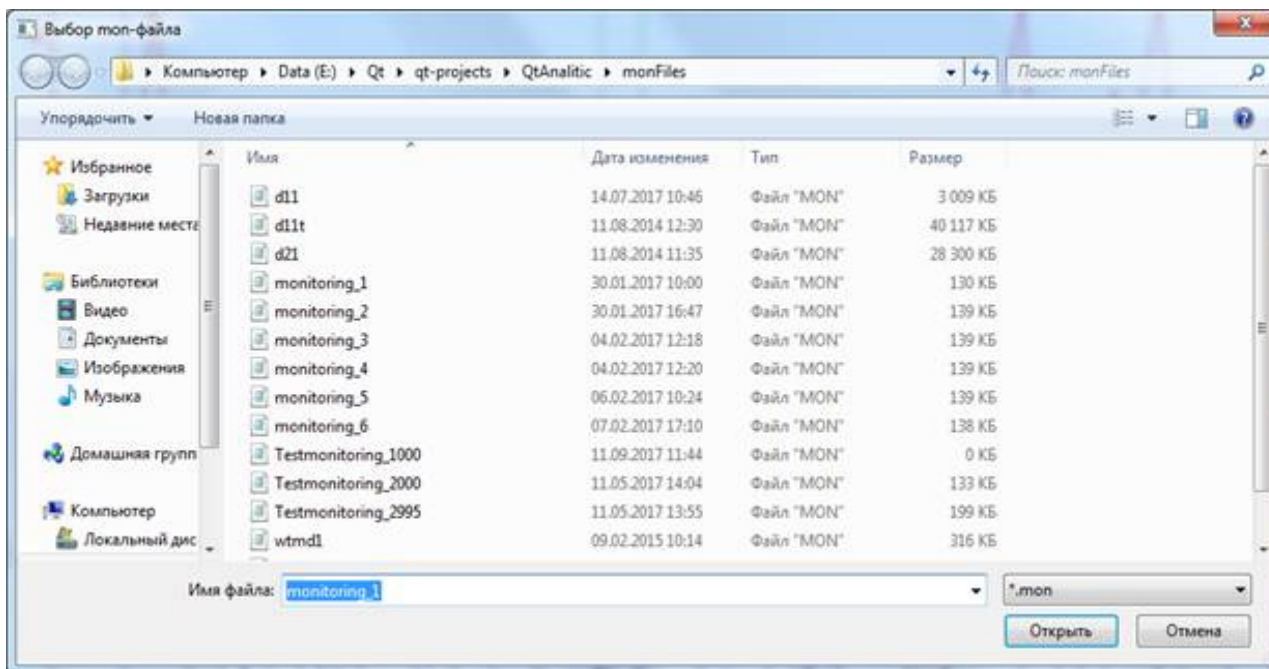


Рис. 6. Список имеющихся *.mon-файлов для выбора и проведения анализа

На рис. 7 показан вид подменю режима «Анализ».

Внешний вид активного окна Анализ показан на рис. 8.

В левой части активного окна *Анализ* расположена область отображения графиков выбранных параметров. В правой части окна расположены четыре вкладки:

- *Значения* – таблица значений параметров;
- *Отказы* – дерево отказов, построенное по данным буфера отказов;
- *Замеры* – таблица с результатами замеров;
- *Поиск* – таблица интервалов, найденных в процессе выполнения формализованного запроса.

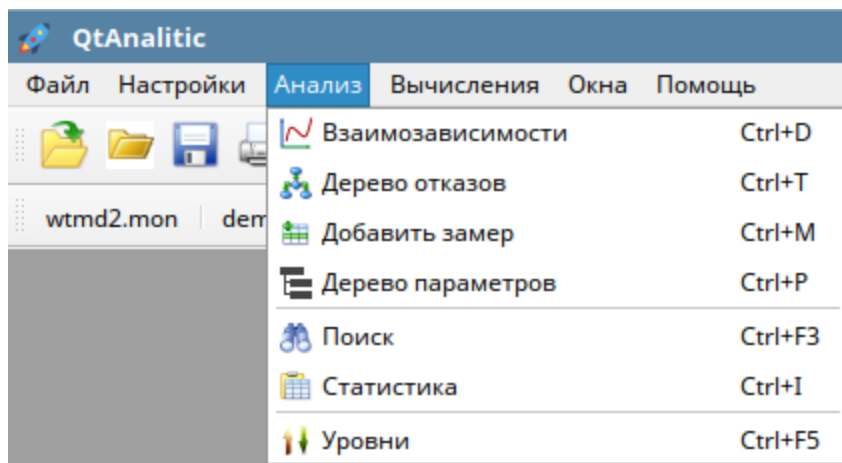


Рис. 7. Вид подменю режима «Анализ»

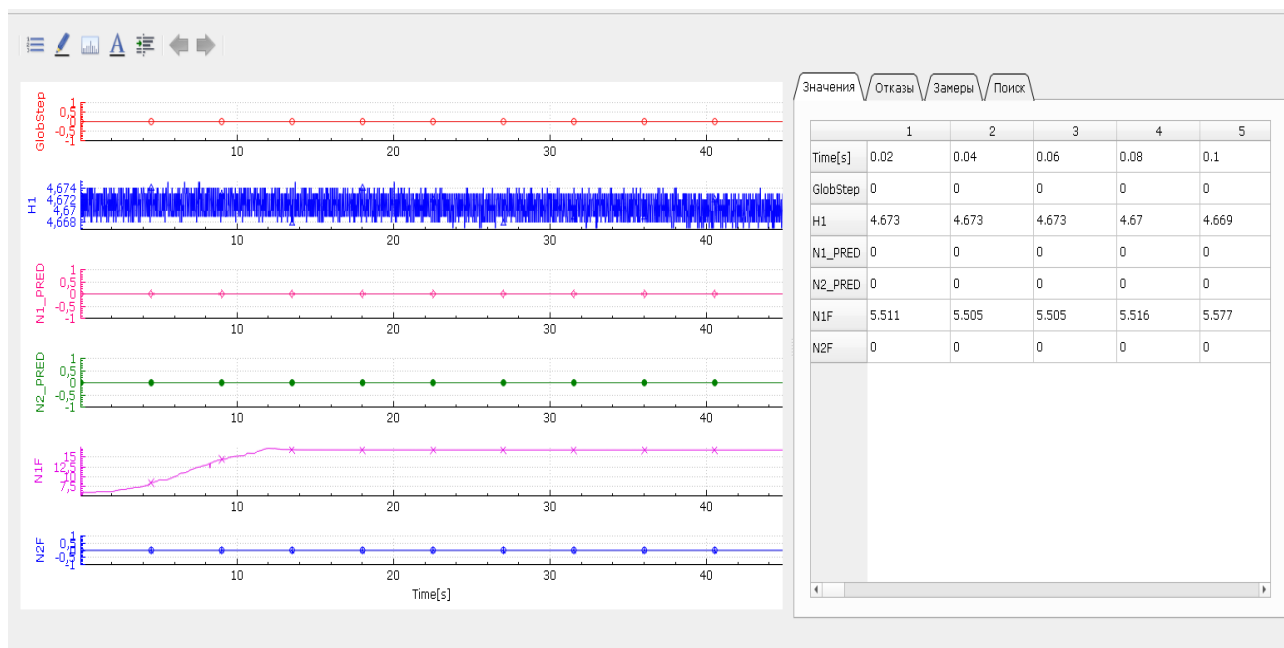


Рис. 8. Внешний вид активного окна

Программа «Аналитик» отображает на графике вертикальные срезы параметров в точках, указанных пользователем (см. рис. 9). А также по требованию пользователя могут отображаться следующие параметры: «начало диапазона» (координата X), «значения Y» и производная по времени на данном участке по требованию пользователя. Пример графиков с установленными метками диапазонов представлен на рис. 10.

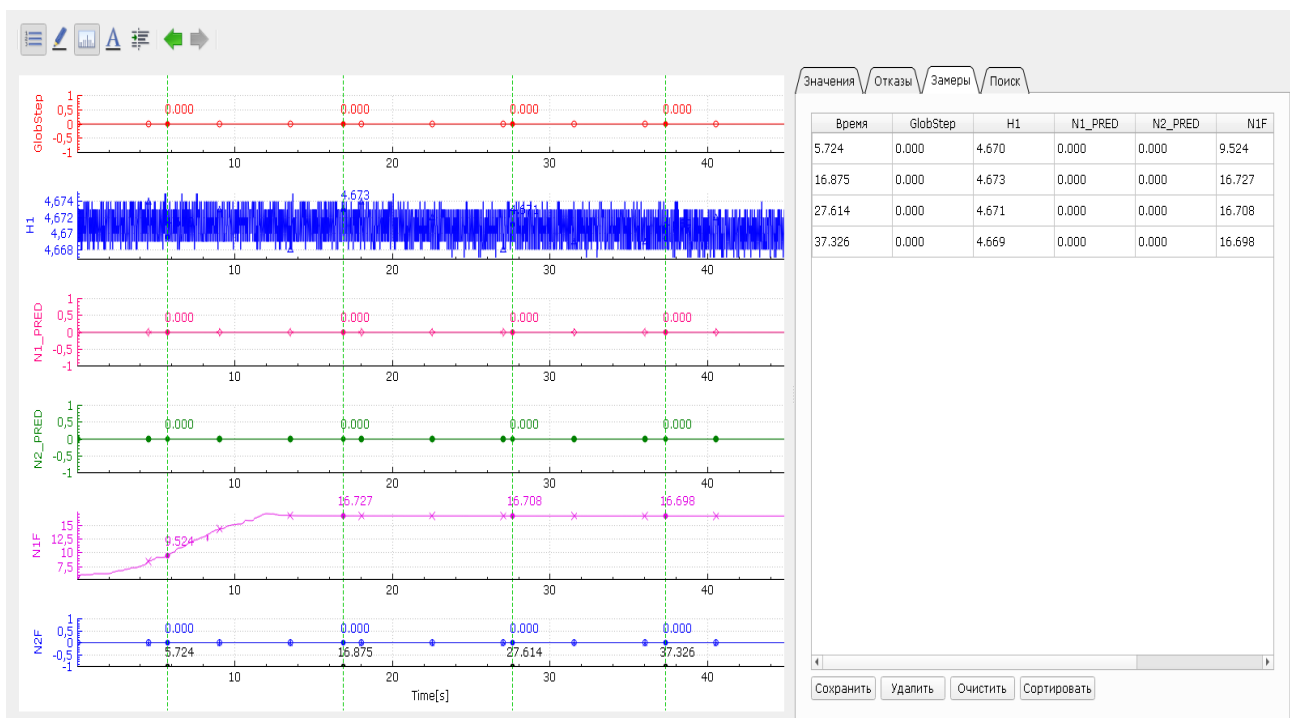


Рис. 9. Отображение вертикальных срезов на графиках выбранных параметров

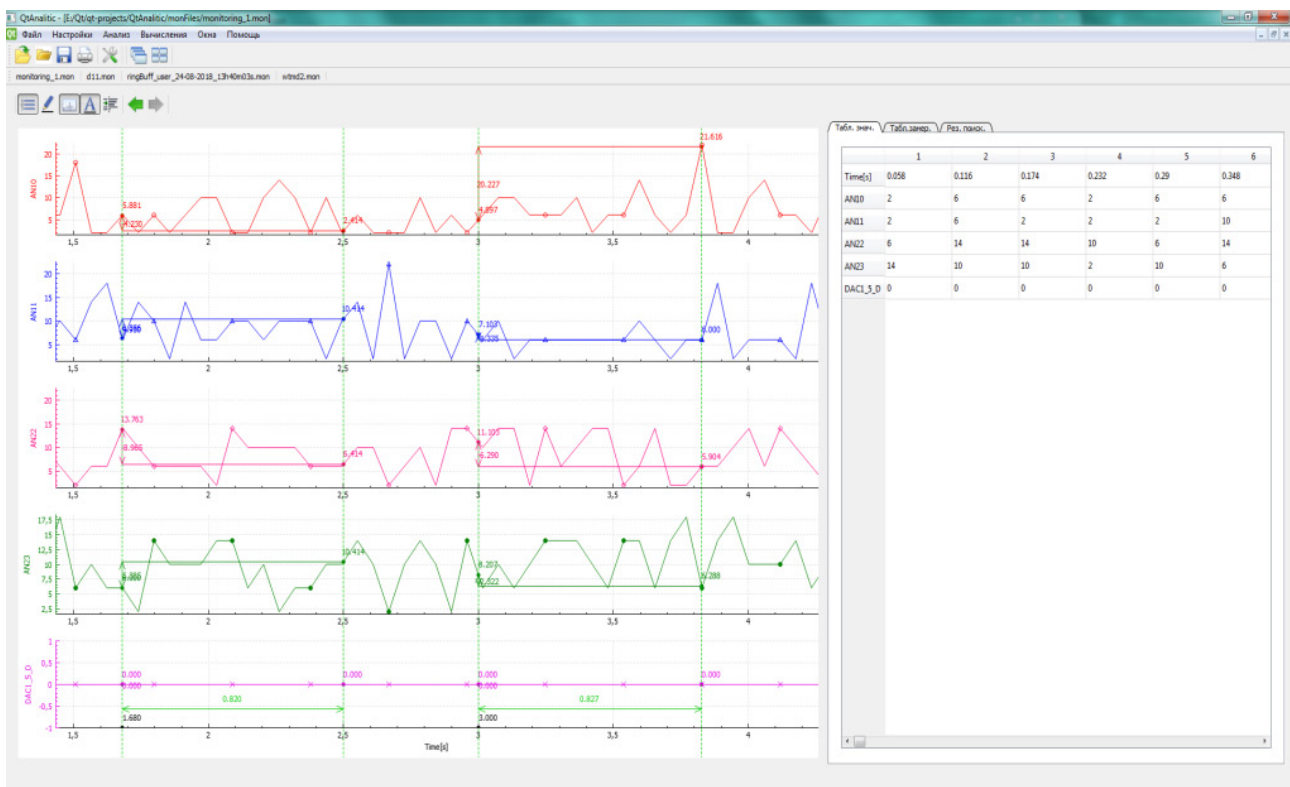


Рис. 10. Графики с установленными метками диапазонов по оси времени

Очень мощным инструментом анализа параметров в ПК «Аналитик» является формализованный запрос, т.е. возможность задания условия и поиск его во всем временном интервале. Использование этого инструмента позволяет существенно сократить время анализа полетной информации.

Механизм формализованных запросов программы «Аналитик» построен на базе встроенного движка (модуля) языка сценариев JavaScript, который объектно ориентирован и обладает возможностями современных языков, такими как использование и создание классов и управление исключениями. Синтаксис этого языка подобен C++ и Java, но менее сложен. Одно из его достоинств заключается в том, что это сравнительно небольшой язык.

Модуль языка сценариев JavaScript представляет собой среду, которая обеспечивает встроенную поддержку сценариев в программе «Аналитик». Этот модуль содержит интерпретатор языка сценариев и классы C++ для его поддержки. Язык сценариев JavaScript базируется на ECMA Script – популярном стандарте, получившем распространение благодаря Интернету.

Формализованный запрос программы «Аналитик» – это команда или подпрограмма (в виде группы команд), написанная на языке сценариев JavaScript. В формализованном запросе следует использовать только данные из массива параметров мониторинга работы двигателя.

В текущей версии программы «Аналитик» с использованием формализованных запросов можно производить следующие типы вычислений:

- поиск временных интервалов мониторинга, соответствующих условию формализованного запроса;
- вычисление нового вектора данных, согласно математической формуле формализованного запроса;
- вычисление свертки векторов, согласно математической формуле формализованного запроса;
- поиск интервалов изменения нужного параметра, в которых параметр приближается к своему граничному значению, но не превышает его.

Формализованный запрос создается в диалоговом окне *Логический калькулятор* (рис. 11). Здесь пользователь должен ввести условия поиска в виде логической формулы, например:

$$(AN10 > 20) \parallel (AN11 > 15) \parallel (AN22 > 10) \parallel (AN23 > 5),$$

где AN_{ii} – параметр двигателя, прописанный в режиме мониторинга, т.е. указанный параметр был записан в процессе полета или наземного опробования.

При написании логических формул условий поиска допустимо использовать математические и логические операции, а также сравнение величин.

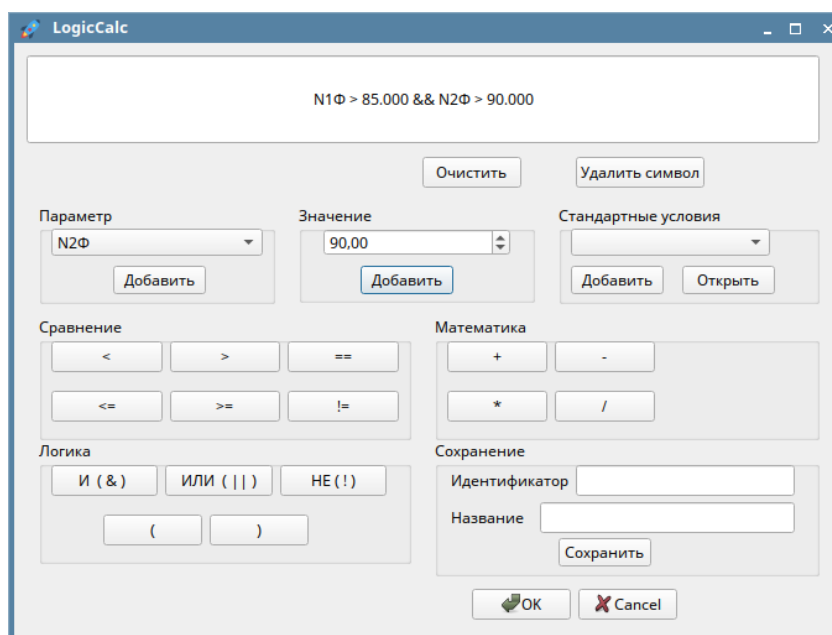


Рис. 11. Вид диалогового окна «Логический калькулятор»

После запуска на выполнение происходит поиск установленного набора условий по всему открытому файлу мониторинга, программа «Аналитик» находит и отображает таблицу временных интервалов, соответствующих условию поиска (рис. 12). Найденные временные интервалы дают возможность целенаправленно производить анализ состояния двигателя и его узлов и расширять поиск неисправностей по другим параметрам, исходя из «дерева» отказов.

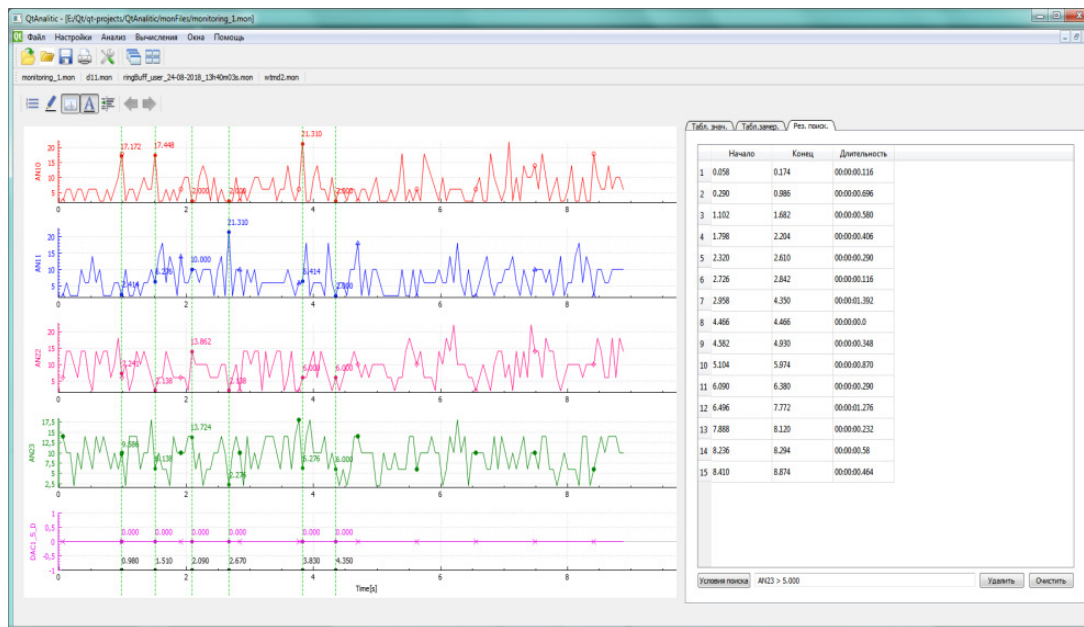


Рис. 12. Таблица временных интервалов, соответствующих формализованному запросу

Таким образом, программа помогает пользователю быстро выделить заданные в формализованном запросе соответствующие условию запроса временные интервалы. Пользователь, не прибегая к длительному и напряженному самостоятельному поиску путем тщательного просмотра всего числового материала за время полета, имеет возможность оперативно видеть неблагоприятные ситуации в полете и анализировать параметры в конкретных временных интервалах.

Формализованные запросы дают возможность проанализировать скорость приближения интересующего параметра к своей допустимой границе, когда еще регулятор не зафиксировал в буфере отказов сообщение вида «Параметр «ИМЯ ПАРАМЕТРА» не в норме». Т.е. достаточно просто определяется «адрес» предотказного состояния без подсчета сложных критериев информативности состояния двигателя или его узла, как предлагается в работе [8]. В этом случае техническому персоналу эксплуатирующей организации целесообразно произвести дополнительный осмотр узла двигателя с последующими действиями в соответствии с Руководством по эксплуатации двигателя.

На ПК «Салют» АО «ОДК» были проведены широкие опробования программного комплекса «Аналитик» с использованием реальных файлов мониторинга параметров двигателей, проходивших испытания на моторных стендах. ПК «Аналитик» дает возможность существенно снизить время анализа зафиксированной информации о параметрах двигателя и его систем.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленный аппаратный комплекс сбора полетных данных и программный комплекс «Аналитик» для анализа полетных данных позволяет обеспечить необходимую глубину и оперативность предполетного контроля, что повышает боеготовность и надежность эксплуатации авиационных двигателей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Искусственный интеллект и интеллектуальные системы управления** / И. М. Макаров [и др.]. М.: Наука, 2006. 333 с. [I. M. Makarov, et al., *Artificial intelligence and intelligent control systems*, (in Russian). Moscow: Nauka, 2006.]
2. **Технический облик современного универсального информационно-диагностического средства авиационных двигателей** / К. Е. Рогачевский [и др.] // Вестник Белорусско-Российского университета. 2014. № 4 (45). С. 49–59. [К. Е. Rogachevsky, et al., "Engineering shape of modern multipurpose information and diagnostic systems for aviation engines", (in Russian), in *Vestnik Belorussko-Rossijskogo universiteta*, no. 4 (45), pp. 49-59, 2014.]
3. **Васильев В. И., Жернаков С. В.** Контроль и диагностика технического состояния авиационных двигателей на основе экспертных систем. // Вестник УГАТУ. 2007. Т. 9, № 4 (22). С.11–23. [V. I. Vasilyev, S. V. Zhernakov, "Checking and diagnosis of aero-engine technical condition on the basis of expert systems", (in Russian), in *Vestnik UGATU*, vol. 9, no. 4 (22), pp. 11-23, 2007.]
4. **Наследов А. Д.** Профессиональный статистический анализ данных. СПб.: Питер, 2013. 416 с. [A. D. Nasledov, *Professional statistical data analysis* (in Russian). St. Petersburg: Peter, 2013.]
5. **Зюкин В. С.** Анализ полетных данных как метод оценки состояния двигателя воздушного судна // Форум молодых ученых. 2018. № 5-1 (21). С. 1264–1268. [В. С. Ziukin, "Analysis of flight data, as a method of estimation of status of aircraft engines", (in Russian), in *Forum molodyh uchenykh*, no. 5-1 (21), pp. 1264-1268, 2018.]
6. **Автоматизированные системы** / КПА и ИДК. [Электронный ресурс]. URL: www.klimov.ru/production (дата обращения 7.06.2022). [Automated systems / KPA and IDK (2022, Jun. 07). [Online]. Available: www.klimov.ru/production]
7. **Кризантос Н.** Способ анализа полетных данных // Патент 2618359. Опубл. 03.05.2017. Бюл. № 13. [N. Krizantos, "Method of flight data analysis", Patent 2618359, 2017.]
8. **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. F. 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. сектора программирования СП «Завод «Топаз» АО «ОДК». Иссл. в обл. алгоритмизации, обработки информации, разработки информационных программных платформ.
- НАМАЗОВ Анар Камандар Оглы**, вед. инженер-конструктор ПК «Салют» АО «ОДК». Иссл. в обл. обработки информации, тестирования программного обеспечения.
- 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.
- NAMAZOV, Anar Komandar ogly**, leading design Engineer of the production complex "Salyut", JSC "United Engine Building Corporation". Research in the field of information processing, software testing.

Language: Russian.

Source: Vestnik UGATU (scientific journal of Ufa State Aviation Technical University), vol. 26, no. 3 (97), pp. 100-112, 2022. ISSN 2225-2789 (Online), ISSN 1992-6502 (Print).