

УДК 618.518

АРХИТЕКТУРА ИНТЕГРИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ, ПРОИЗВОДСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ ГТД СОВМЕСТНО С ЕГО СИСТЕМОЙ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ, КОНТРОЛЯ И ДИАГНОСТИКИ

© 2009 Г. Г. Куликов¹, К. А. Ризванов^{2,1}, С. С. Денисова²

¹Уфимский государственный авиационный технический университет

²Научно-производственное предприятие «Мотор», г. Уфа

В работе предложен подход к формированию комплексной архитектуры информационной модели для газотурбинного двигателя (ГТД) с его электронной системой автоматического управления, контроля и диагностики (САУКиД). Рассматривается на этапах экспериментальной доводки, подготовки производства, производства и эксплуатации ГТД.

Информационные технологии, этапы жизненного цикла при испытании ГТД, электронная система автоматического управления и контроля, выделенный телекоммуникационный канал

В авиадвигателестроительной индустрии испытания ГТД проводятся с применением передовых информационных технологий, так как информационные пространства предприятий, участвующих в разработке, производстве и эксплуатации ГТД сегодня достаточно полно структурированы и компьютеризированы [1, 2, 3].

Особый интерес представляет разработка информационной технологии [6], интегрирующей процессы доводки и производства в ОКБ–изготовителе системы управления и ОКБ–изготовителе двигателя. В ее основе лежит идея информационной интеграции стадий жизненного цикла (ЖЦ) ГТД и системы автоматического управления, контроля и диагностики (САУКиД). Информационную интеграцию можно осуществлять на положении, что все автоматизированные системы, применяемые на различных стадиях ЖЦ, будут оперировать не с традиционными техническими документами, а с формализованными документированными информационными моделями, описывающими организационные и технологические процессы создания и испытаний ГТД и САУКиД. Основные требования по решению данной проблемы определены требованиями CALS–технологий, поддерживаемых стандартами STEP [4, 5].

Вместе с тем, в ходе практического применения таких решений встречаются существенные трудности информационно-технологического плана. Во-первых, сложность процесса проведения испытания ГТД, начиная от подготовки технической доку-

ментации до обработки результатов испытаний, связанная с большими материальными затратами и требующая высокой точности получения и обработки результатов. Во-вторых, до сегодняшнего дня две системы: система автоматического управления (САУ) со своей встроенной системой контроля и система контроля и диагностики состояния ГТД разрабатывались автономно. Но появление концепции электронных систем с полной ответственностью типа FADEC позволило объединить в одну структуру систему управления, систему контроля и систему диагностики ГТД.

Отмеченные проблемы требуют разработки научно обоснованных методов построения интегрированной модели, т.е. определения структуры ЖЦ для комплексной системы САУКиД типа FADEC и ЖЦ ГТД. Целесообразно разработать структуру ЖЦ объединения САУКиД и этапов ЖЦ, связанного непосредственно с разработкой, созданием и испытанием самого ГТД по признакам их информационных взаимодействий.

Построение интегрированной информационной модели

Предлагается развивать методы CALS–технологий как инструмента организации и информационной поддержки всех участников создания, производства и эксплуатации ГТД и его систем, направленных на повышение эффективности работ за счет координации и ускорения организационных и производственных процессов.

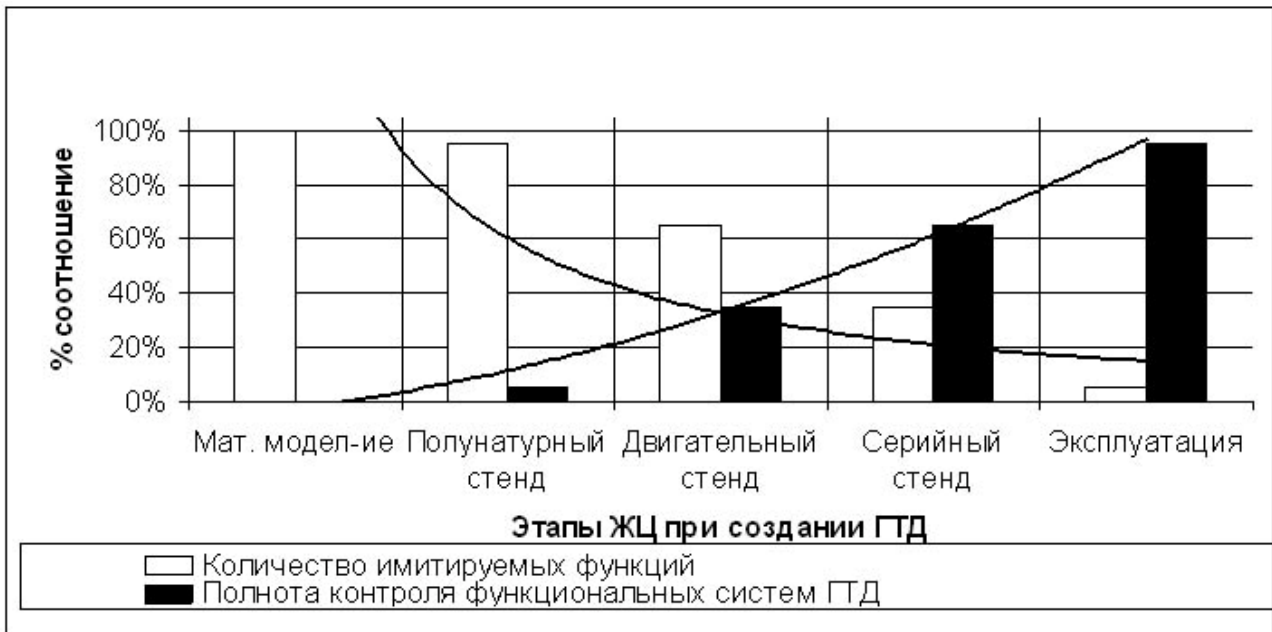


Рис.1. Количественная характеристика имитации количества функций и степени полноты контроля

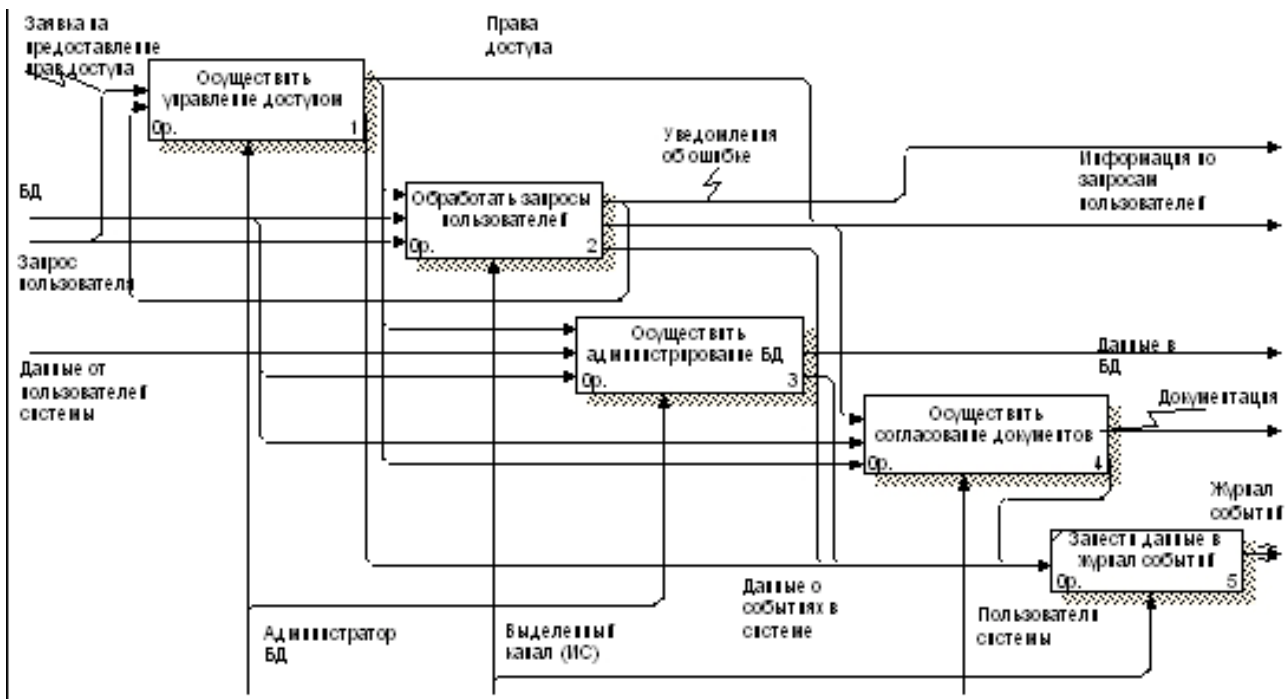


Рис.2. Процесс ведения документооборота через выделенный канал

Основу данной технологии должен составить универсальный полунатурный стенд, находящийся в ОКБ–изготовителе системы управления. Такой стенд является основным инструментом создания и эксплуатационного сопровождения электронных систем управления контроля и диагностики. Он содержит в своем составе подсистемы имитации отказов, внешних условий и информационного взаимодействия с самолетными системами.

На рис. 1 представлена количественная характеристика имитации количества функций и степени полноты контроля.

Применение выделенных телекоммуникационных каналов позволяет реализовать указанную выше технологию в распределенном виде, т.е. физически проводя испытания параллельно в темпе эксперимента на двигательном стенде и полунатурном стенде. Это позволит исследовать состояние двигателя и его систем, в том числе САУКиД, в реаль-

ном времени. Процесс ведения документооборота через выделенный канал представлен на рис. 2. При этом глубина анализа увеличится в несколько раз при одновременном сокращении сроков.

Указанный подход представляется новым в организации взаимодействия всех участников создания и испытания ГТД и САУКиД на основе явной модели ЖЦ. Он будет соответствовать концепции процессного управления.

Данная технология позволит проследить и анализировать отказы двигателя и его систем на всех этапах ЖЦ с целью адаптации САУКиД в части контроля, диагностики и реконфигурации.

Сегодня большинство аналитиков и руководителей начинают испытывать потребность в комплексном описании и планировании развития предприятий. При этом, задачи, связанные с проектированием и построением информационных систем, вызывают наибольший интерес. Существует множество подходов к решению этих задач. Большинство подходов опирается на инструментальные средства, позволяющие автоматизировать создание информационной системы – CASE. Задача по созданию информационной системы делится на несколько подзадач. Это разделение зависит от применяемого подхода, но в любом из них всегда присутствуют два действия:

- сбор информации и моделирование организационных и технологических процессов;
- построение архитектуры будущей информационной системы для автоматизации указанных процессов.

При моделировании процессов, как правило, рассматриваются три аспекта:

- объекты, которыми оперируют в процессах;
- процессы, которые выполняются;
- события, управляющие изменениями процессов и объектов.

Модель Захмана

Значительный вклад в развитие концепции информационной архитектуры производственного предприятия был сделан Дж. Захманом [6]. Модель Захмана основана на дисциплине классической архитектуры и обеспечивает общий словарь и набор пер-

спектив, или структур для описания современных сложных корпоративных информационных систем. Использование интегрированной схемы дает возможность применять ее на всех этапах ЖЦ системы для формирования точек зрения всех участников CASE-проекта, причем каждый участник или группа участников проекта получают четкое представление о том, что от них требуется. Построение модели Захмана для авиационных предприятий позволяет обеспечить понимание архитектуры информационной системы для создания ГТД на разных стадиях разработки и с точки зрения разных участников проекта. Для этого проводится анализ информационных структур пространств предприятий, участвующих в разработке, производстве и эксплуатации ГТД, показывающий, что их деятельность достаточно полно формализована и компьютеризирована. На рис. 3 изображена архитектура ИТ при проектировании ГТД.

Эти точки зрения отражают значение и области ответственности заинтересованных лиц в процессе создания и применения информационной системы.

Шесть аспектов приводят к различным представлениям каждой из точек зрения. Аспекты соответствуют вопросам “что”, “как”, “где”, “кто”, “когда” и “почему”, относящимся к информационной системе. В каждой ячейке представлен вид конечного продукта с точки зрения некоторой группы лиц, участвующих в разработке системы. Взгляд охватывает часть ячейки, всю ячейку или несколько ячеек в пределах строки. Взгляд может быть порожден любой точкой зрения и может быть представлен на любом подходящем уровне деятельности. Описание взгляда включает в себя [6]:

- точку зрения;
- аспект;
- технику или язык, описывающий данный взгляд (например, IDEF1X для аспекта данных, IDEF0 или диаграмму потока данных для функционального аспекта);
- уровень детальности (высокий или низкий);
- предметную область (узкую или широкую);
- предполагаемое использование;
- пользователя;
- граничные предположения.

| | Данные ЧТО (характеристики и парам. ГТД) | Функции КАК (функц. схемы, иерархии ГТД) | Дислокация, сеть, ГДЕ | Люди КТО (сотрудники предпр.) | Время КОГДА (планы, задания) | Мотивация ПОЧЕМУ (заказ на произв ГТД) | |
|---|--|--|---------------------------|-------------------------------|------------------------------|--|-------------------------------------|
| Генеральный директор, Генеральный конструктор (ГТК) и его заместители | Планирование | Список важных событий | Список основных процессов | Ключевые события | Важнейшие события | | Сфера действия (контекст) |
| ГДГК | | | Бизнес-архитектура | | | | Модель предприятия |
| Начальник БАСУП, начальник ВЦ | | | | | | | Модель системы |
| Науч. ВЦ и БАСУП и сотрудники | Архитектура данных | Архитектура данных | Иерархическая структура | Организационная архитектура | Временная архитектура | Архитектура правил | технологическая (физическая модель) |
| Сотрудники ВЦ, БАСУП | | | IT-архитектура | | | | Детали реализации |
| ВЦ, БАСУП и предметные специалисты | Данные | Работающие программы | Сеть | Реальные люди, организации | Бизнес события | Работающие бизнес стратегии | Работающее предприятие |
| | Данные | Функции, процессы | Сеть, расположение систем | Люди, организации | Время, расписания | Мотивация | |

Рис.3. Архитектура ИТ для проектирования ГТД

На их основе строится 3D-модель предприятия [7] (см. рис. 4).

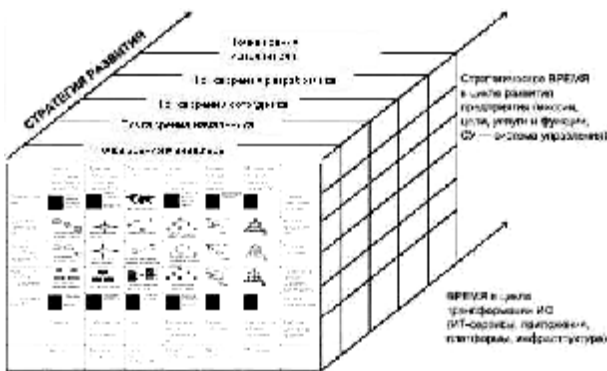


Рис.4. 3D-модель предприятия

Информационная интеграция стадий ЖЦ ГТД и САУКиД в соответствии с требованиями CALS

Наличие указанных средств, формирующих электронное пространство, позволяет создавать различные модели ЖЦ как объективное отображение сложившихся технологических процессов и взаимосвязей на различных стадиях проектирования, производства и эксплуатации. В такой постановке может существовать множество моде-

лей ЖЦ ГТД, которые с разной степенью адекватности соответствуют реальным ЖЦ.

В этом множестве можно выделить наиболее эффективные модели ЖЦ.

Отметим, что управление ЖЦ ГТД может эффективно осуществляться только на основе его адекватной модели. Поэтому задача создания модели ЖЦ как адекватного описания эволюционно сложившихся отношений и взаимосвязей как между организациями, так и в одной организации, отвечающих заданным требованиям формализации как необходимого условия автоматизации, является актуальной.

Одним из основных аспектов организации информационных связей и соответствующих им информационных потоков являются потоки с оперативной информацией о состоянии конкретных экземпляров самолетов и соответственно двигателей. Оперативные данные о состоянии двигателя на этапе создания и производства определяются, прежде всего, данными, полученными при испытаниях. В эксплуатации данными, эквивалентными испытаниям, являются параметры работы двигателя в эксплуатации.



Рис.5. Концептуальная схема информационных потоков в условиях ОКБ и в эксплуатации

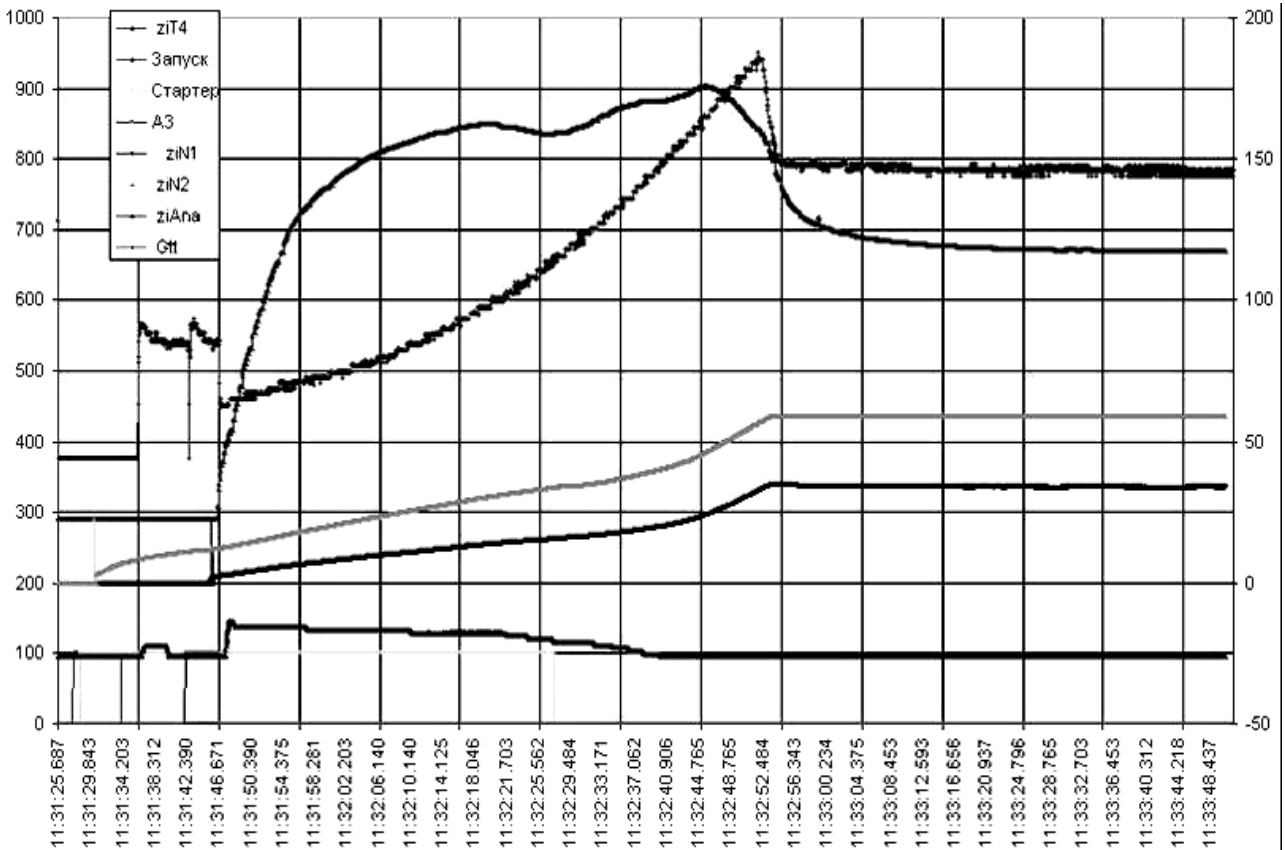


Рис.6. Процесс запуска ГТД АЛ-55И с электронной системой управления

Анализ существующих схем организации эксплуатации ГТД в составе самолета показывает, что линейно-штабная схема организации теряет свою эффективность. Это объясняется тем, что появляется возможность непрерывного мониторинга состояния ГТД в течение его ЖЦ, в том числе эксплуатации и ремонта ГТД по его состоянию. В функциональном аспекте начинают преобладать технологии ремонта и восстановления ГТД на основе сменной модульности, когда в случае неисправности происходит замена конструктивного модуля, который затем отправляется на ремонт в специализированные предприятия. При этом предполагается, что с помощью непрерывного мониторинга во время эксплуатации определяется и состояние ГТД в целом. Соответственно это определяет и новую схему организации управления (снабжением запасными ресурсами).

Вторым фактором является то, что эксплуатация и ремонт, как правило, организуются и управляются, и в какой-то части выполняются производителем и разработчиком ГТД.

Третьим фактором является необходимость электронного информационного сопровождения основных этапов создания, эксплуатации и ремонта. Здесь наблюдается наибольшее обеспечение электронизации процессов мониторинга и документирования.

Основой совместимости электронной информации при мониторинге, анализе, передаче и хранении информации являются стандарты CALS систем. CALS – Continuous Acquisition and Life Cycle Support – непрерывная информационная поддержка ЖЦ или продукта. Она выполняется в ходе ЖЦ продукта за счет информационной интеграции и преемственности информации, порождаемой на всех этапах жизненного цикла.

Концепция CALS определяет набор правил, регламентов, стандартов, в соответствии с которыми строится информационное электронное взаимодействие участников процессов проектирования, производства и испытаний [8].

CALS-технологии представляют собой современную организацию, прежде всего, деловых процессов разработки, производства, эксплуатации и послепродажного сервиса ГТД путем информационной поддержки

процессов их ЖЦ на основе стандартизации методов представления данных на каждой стадии жизненного цикла и безбумажного электронного обмена данными.

Среди новых концепций перспективной представляется идея информационной интеграции стадий ЖЦ ГТД и САУКиД. Она состоит в создании интегрированной информационной среды, позволяющей консолидировать информацию стадий ЖЦ ГТД и САУКиД. Информационная интеграция заключается в том, что все автоматизированные системы, применяемые на различных стадиях ЖЦ, оперируют не с традиционными документами, а с формализованными информационными моделями, описывающими процессы создания и испытаний ГТД и САУКиД. Эти модели существуют в интегрированной информационной среде в электронной форме в виде информационных объектов. Системы, которые используют те или иные информационные объекты, извлекают их из интегрированной информационной БД, обрабатывают, создавая новые объекты, и помещают в интегрированную БД. Чтобы все это было возможно, информационные модели и соответствующие ИТ-технологии должны быть стандартизованы [4].

Интегрированная информационная среда представляет собой совокупность распределенных гетерогенных хранилищ данных (ХД), в которых действуют стандартные правила обработки, хранения, обновления, поиска и передачи информации, через которые осуществляется “безбумажное” информационное взаимодействие между всеми этапами ЖЦ как ГТД, так и его САУКиД. На рис. 5 представлена концептуальная схема информационных потоков в условиях ОКБ и в эксплуатации.

Среди CALS-технологий ключевой является технология интеграции данных об изделии – PDM/PLM-технология - управление ЖЦ ГТД и САУКиД в эксплуатации. Она предназначена для управления всеми данными об изделии и информационными процессами ЖЦ ГТД и САУКиД, создающими и использующими эти данные.

Управление информационными процессами ЖЦ представляет собой поддержку различных процедур, создающих и исполь-

зующих данные об изделии (например, процедуры изменения изделия), т.е. фактически поддержку электронного документооборота, например, конструкторского документооборота [1].

Основной идеей PLM-технологии является повышение эффективности управления информацией за счет повышения доступности данных об изделии, требующихся для информационных процессов ЖЦ. Повышение доступности данных об изделии достигается за счет интеграции всех данных об изделии в логически единую модель [9].

Структура информационных потоков при испытаниях ГТД и САУКиД

Известно, что основная структура информационных потоков и правила управления ими закладывается на этапе проектирования и доводки ГТД. Далее по принципам CALS данная структура разветвляется и развивается в соответствии с требованиями последующих этапов изготовления, доводки и эксплуатации. Поэтому задача структурирования информационных потоков при создании ГТД на этапе его разработки является основополагающей.

Для начала формирования распределенного ХД необходимо на теоретико-множественном языке описать информационную структуру. Отметим, что одним из основных фактов при организации испытаний ГТД помимо самого ГТД является его САУКиД. С учетом технических и информационных возможностей САУКиД формируется и реализуется программа испытаний. В процессе самих испытаний САУКиД не только исполняет роль функционального узла, но и является основным источником информации о состоянии ГТД.

Анализ этапов ЖЦ, связанных с испытаниями, показывает, что при разработке технологических систем для испытаний САУКиД и ГТД необходимо предусматривать возможность параллельного проведения испытаний и со штатными сервисными системами, которые должны будут сопровождать ГТД с их электронными САУ в эксплуатации.

Так, например, для унификации сервисных систем, регистрации, контроля и диагностики ГТД с САУ для самолетов Сухого

разработан АРМ ДК эксплуатационный [7]. Но при этом необходимо отметить, что АРМ ДК технологический должен покрывать все функции штатного АРМ ДК и расширять совокупность анализируемых параметров, необходимых для конструкторско-технологической доводки. Так, по экспертным оценкам рассматриваемый в работе АРМ ДК технологический расширяет возможность анализа характеристик отдельных узлов и двигателя в целом в 2-3 раза.

В дальнейшем для повышения качества штатного АРМ ДК его функции могут быть дополнены АРМ ДК технологическим.

На рис. 6, для примера, приведен процесс запуска ГТД АЛ-55И с электронной системой управления, полученный с помощью АРМ ДК технологического в реальном времени. Данные испытаний помещаются в гетерогенную базу данных испытаний, к которой организуется доступ конструкторским службам для их детального анализа

Заключение

Анализ современных технологий испытаний электронных САУКиД ГТД на полунатурных стендах, на стендах с реальным двигателем и на самолете показывает, что они могут быть интегрированы в сквозную комплексную информационную технологию испытаний на основе имитации (полунатурного моделирования) основных, контрольных, диагностических, сервисных и других функций.

Для решения этой задачи можно использовать опыт создания и применения полунатурных стендов, применяемых разработчиком для испытания САУКиД.

Библиографический список

1. Kulikov G.G., Thompson H.A. (Eds). Dynamic modelling of gas turbines: identification, simulation, condition monitoring, and optimal control / London, New York, Springer, 2004, 309 p.
2. Информационная поддержка управления жизненным циклом испытаний ГТД на основе CALS-технологий / Г.И. Погорелов, Б.К. Галимханов, К.А. Ризванов // Вестник УГАТУ : науч. Журн. Уфимск. Гос. авиац. Техн. Ун-та. Сер. Управление, информатика и выч. техника. 2007. Т.9, № 4 (22). С. 57-63.

3. Системная модель информационной поддержки длительных испытаний и эксплуатации газотурбинного двигателя на основе показателя остаточного ресурса / Х.С. Гумеров, Г.Г. Куликов, К.А. Ризванов // Исследования и перспективные разработки в авиационной промышленности : матер. 3-й науч.-практ. Конф. молодых специалистов и ученых, М.: ОАО "ОКБ Сухого", 2005 г. С. 583-586.

4. Организационно-функциональная модель процесса проведения испытаний ГТД в соответствии с CALS-технологиями / Г.И. Погорелов, К.А. Ризванов, М.Р. Азанов // Труды междунар. конф. комп. наук и информ. техн. (CSIT'2007). Красноуфольск, Уфа, 2007. Т. 2. С. 177-180 (Статья на англ. яз.).

5. Формирование структуры модели жизненного цикла ГТД, отвечающей требованиям CALS-технологий / Г.Г. Куликов, К.А. Ризванов // Исследования и перспективные разработки в авиационной промышленности. CALS-технологии в авиационной промышленности : матер. 4-й науч.-практ. конф. молодых ученых и специалистов. М. : ОАО "ОКБ Сухого", 2007. С. 704-707.

6. Разработка архитектуры информационной подсистемы испытаний ГТД. / Г.Г. Куликов, К.А. Ризванов // Матер. 4-й Всерос. науч.-техн. конф., Уфа : ОАО УМПО, 2008. С. 118-119.

7. Зиндер Е.З. «3D-предприятие» - модель трансформирующейся системы // Директор ИС. 2000. № 4. – С. 12-15.

8. Норенков И.П., Кузьмик П.К. Информационная поддержка наукоемких изделий. CALS-технологии. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. 320 с.

9. Судов Е.В., Левин А.И., Петров А.В., Чубарова Е.В. Технологии интегрированной логистической поддержки изделий машиностроения. – М.: ООО Издательский дом «ИнформБюро», 2006. – 232 с.

References

1. Kulikov G.G., Thompson H.A. (Eds). Dynamic modelling of gas turbines: identification, simulation, condition monitoring, and optimal control / London, New York, Springer, 2004, 309 p.

2. Information support of management by life cycle of tests GTE on the basis of CALS-technologies / G.I. Pogorelov, B.K. Galimhanov, K.A. Rizvanov // Bulletin USATU: scientific magazine USATU. A series Management, computer science and computer facilities. 2007. V.9, № 4 (22). P. 57-63.

3. System model of information support of long tests and operation GTE on the basis of an indicator of a residual resource / H.S. Gumerov, G.G. Kulikov, K.A. Rizvanov // Researches and perspective workings out in the aviation industry: materials of 3rd scientifically-practical conference of young experts and scientists, M.: JSC "Sukhoi Design Bureau", 2005. P. 583-586.

4. Organizational-functional model of process of carrying out GTE tests according to CALS-technologies / G.I. Pogorelov, K.A. Rizvanov, M.R. Azanov // Works of the international conference of computer sciences and an information technology (CSIT'2007). Krasnoufolsk, Ufa, 2007. V. 2. P. 177-180.

5. Formation model of life cycle GTE structure which is meeting the requirements of CALS-technologies / G.G. Kulikov, K.A. Rizvanov // Research and perspective workings out in the aviation industry. CALS-technologies in the aviation industry : materials of 4th scientifically-practical conference of young experts and scientists, M.: JSC "Sukhoi Design Bureau", 2007. P. 704-707.

6. Working out of architecture of an information subsystem GTE tests. / G.G. Kulikov, K.A. Rizvanov // Materials of 4th All-Russia scientific and technical conference, Ufa : JSC UMPO, 2008. P. 118-119.

7. Zinder E.Z. "3D-enterprise" – model of transformed system // Director IS. 2000. № 4. – P. 12-15.

8. Norenkov I.P., Kuzmik P.K. Information support of the high technology products. CALS-technologies. – M: Publishing house of MG TU of AD Bauman, 2002. 320 p.

9. Sudov E.V., Levin A.I., Petrov A.V., Chubarova E.V. Technologies of the integrated logistical support of mechanical engineering products. – M: Open Company the Publishing house "Information bureau", 2006. – 232 p.

THE INTEGRATED INFORMATION MODEL ARCHITECTURE FOR WORKING OUT, MANUFACTURE AND OPERATION GTE TOGETHER WITH ITS SYSTEM OF AUTOMATIC CONTROL, THE CONTROL AND DIAGNOSTICS

© 2009 G. G. Kulikov¹, K. A. Rizvanov^{2,1}, S. S. Denisova²

¹Ufa State Aviation Technical University

²SPE "Motor"

In work the approach to formation of complex architecture of information model for GTE with its electronic system of automatic control, the control and diagnostics is offered. It is considered at stages of experimental operational development, preparation of manufacture, manufacture and operation GTE.

Information technology, life cycle stages at test GTE, electronic system of automatic control and the control, the allocated telecommunication channel

Информация об авторах

Куликов Геннадий Григорьевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой автоматизированных систем управления Уфимского государственного авиационного технического университета. Тел. (347) 273-78-23. E-mail: gennadyg_98@yahoo.com. Область научных интересов: автоматические системы управления, управление силовыми установками летательных аппаратов.

Ризванов Константин Анварович, кандидат технических наук, начальник бригады вычислительной техники научно-производственного предприятия «Мотор». Тел. (347) 238-86-81. Старший преподаватель кафедры автоматизированных систем управления Уфимского государственного авиационного технического университета. E-mail: rizvanovk@bk.ru. Область научных интересов: автоматические системы управления, автоматические системы испытаний ГТД.

Денисова Светлана Сергеевна, инженер научно-производственного предприятия «Мотор». Тел. (347) 238-86-81. E-mail: rodrigess@inbox.ru. Область научных интересов: автоматические системы управления.

Kulikov Gennadiy Grigorievich, Doctor of Technical Scientific, the professor of Ufa State Aviation Technical University. E-mail: gennadyg_98@yahoo.com. Area of research: system of automatic control, Management of the flying machine power-plants.

Rizvanov Konstantin Anwarovich, Candidate of Technical Scientific, the chief of a brigade SPE «Motor», the teacher of Ufa State Aviation Technical University. E-mail: rizvanovk@bk.ru. Area of research: system of automatic control, the automated information systems of GTE tests.

Denisova Swetlana Sergeevna, the engineer of the automated control systems SPE «Motor». E-mail: rodrigess@inbox.ru. Area of research: The automated systems of the information processing and management.