

ВОПРОСЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТОПЛИВОИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В ИНТЕРЕСАХ БЕЗОПАСНОСТИ

Куприянов Г.А., ¹⁾ ГУАП
тел. +7(921)903-88-01, e-mail: jorge@list.ru

¹⁾ ГУАП, кафедра компьютерных систем проектирования
190000, Россия, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, 67, ауд. 21-14
тел./факс: +7(812)494-70-42, e-mail: dept42@guar.ru

Рассмотрены проблемы проектирования топливоизмерительных систем (ТИС) в контексте безопасности эксплуатации транспортных средств. Представлены созданные автором инструменты САПР для решения ряда задач синтеза и анализа ТИС в данном контексте.

Топливоизмерительная система (ТИС) [1] является важной составляющей для большинства летательных аппаратов (ЛА), а также для других транспортных средств и влияет на безопасность их эксплуатации. ТИС предназначена в первую очередь для получения точной информации о количестве топлива на борту транспортного средства. Наличие этой информации жизненно необходимо пилоту для принятия решений в процессе управления транспортом, а также и другим бортовым системам, (например, топливной системе, для автоматизации перекачки топлива).

Общими свойствами для большинства технических систем, эксплуатируемых человеком, касающимися безопасности, являются эргономичность (физические и психологические удобства взаимодействий человека и системы), наработка на отказ её компонент, возможность контроля отказов, точность и достоверность показаний, наличие и качество влияния на другие системы.

Оптимальный выбор структуры и параметров ТИС имеет ряд противоречивых критериев проектирования в контексте безопасности. Например, дублирование средств измерения ведёт к повышению их безотказности, но при этом отнимает дополнительное время на обработку измерительной информации, что замедляет поступление достоверных показаний. В данном случае приоритет разумно отдаётся дублированию, так как безотказность в целом важнее повышенной точности в малый период времени. Или, к примеру, увеличение количества датчиков в измерительном канале повышает точность измерений, но в то же время утяжеляет транспортное средство. Для ЛА вес машины очень важен, поэтому количество датчиков ограничено.

Рассмотрим ТИС как объект проектирования более детально с позиций безопасности на примере проблемно-ориентированных средств САПР, позволяющих получить техническое решение, оптимальное с точки зрения точности и достоверности измерений. Как уже было показано в статье [1], ТИС можно в первую очередь классифицировать по способам измерения и обработки информации. В авиапромышленности широкое распространение получили цифровые и аналоговые топливомеры с применением электроёмкостных датчиков.

Одной из ключевых задач автоматизации проектирования электроёмкостных топливомеров является проектная процедура получения оптимального с точки зрения точности измерений размещения в топливных баках ЛА минимально возможного количества датчиков топливомера. Этой цели служит созданный автором настоящей статьи инструмент САПР ТИС “Интерактивная расстановка датчиков топливомера” (ИРДТ), с помощью которого уже синтезированы реальные системы. На рис.1 показан снимок с экрана компьютера, демонстрирующий пользовательский интерфейс ИРДТ.

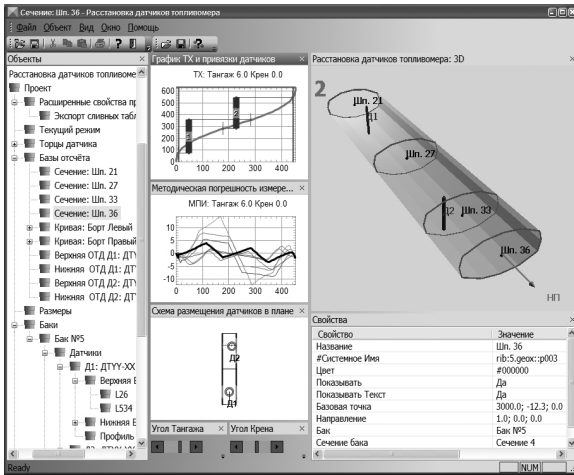


Рис. 1

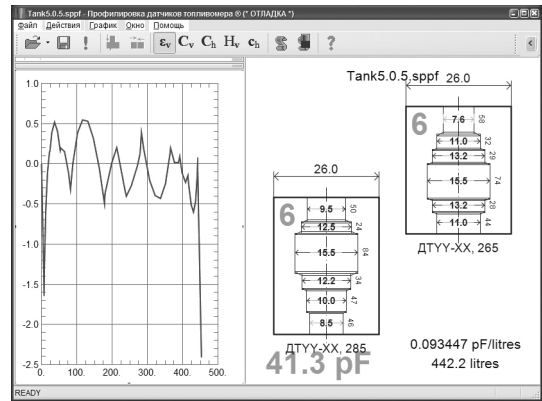


Рис. 2

Программное обеспечение ИРДТ включает в себя интерактивную среду, снабжённую богатым пользовательским интерфейсом и модули для управления хранением данных и проведения расчётов. Интерфейс пользователя предусматривает навигацию по дереву объектов, просмотр и изменение свойств объектов, визуализацию схем и графиков, интерактивное управление размещением датчиков (с применением трёхмерной графики OpenGL). В модулях реализованы алгоритмы расчёта функций ТИС и методических погрешностей измерения (МПИ), зависящих от размещения датчиков, основанные на различных математических моделях ТИС [1]. Наличие систем баз отсчёта и линейных размеров в объектной модели инструмента позволяет учитывать в процессе процедуры размещения датчиков различные ограничения геометрического характера. Инструмент предоставляет возможность экспорта данных о расстановке датчиков и об МПИ, данных для программирования модулей управления цифровых ТИС, данных для испытаний ТИС и данных, необходимых для проведения процедуры профилировки датчиков аналоговых ТИС.

Профилированные электроёмкостные датчики берут на себя с определённой точностью нелинейность тарировочной характеристики топливного бака. Они применяются в аналоговых системах, которые предназначены главным образом для маневренных ЛА и являются исторически более ранними, чем цифровые. Технология профилировки является дорогостоящей и вносит большое количество ограничений на параметры участков профилей датчиков. К тому же, связанная с эволюциями ЛА в пространстве МПИ не может быть устранена профилировкой, рассчитанной на один режим эксплуатации ЛА – как правило, это режим крейсерского полёта или режим стоянки ЛА. Коррекция диэлектрической проницаемости и плотности топлива по его температуре проводится в аналоговых системах с применением линейной характеристики – топливного индекса. В связи со сказанным, аналоговые ТИС стремятся применять в случае, когда простота и надёжность более приоритетны, чем повышенная точность. Сведение количества вычислительных преобразований к минимуму в данном случае влечёт за собой применение более примитивной и надёжной элементной базы в блоках ТИС.

Автором разработан ещё один инструмент САПР ТИС – “Профилировка датчиков топливомера” (ПДТ), предназначенный для автоматизации нахождения параметров участков профилей датчиков, минимизирующих МПИ и удовлетворяющих технологическим ограничениям. Помимо своего основного назначения он позволяет оценить и скорректировать технические решения, созданные до появления цифровых ТИС и средств автоматизации их проектирования. Внешний вид его пользовательского интерфейса представлен на рис.2. Интерактивное изменение параметров участков

профилей датчиков отражается на графике МПИ и позволяет пользователю провести оптимизацию вручную, руководствуясь технологическими ограничениями. Также предусмотрен алгоритм автоматической профилировки без учёта некоторых ограничений. Выходными данными процедуры ПДТ являются данные для тестирования ТИС и данные об участках профилей для разработки конструкции датчиков.

Итак, представленный инструментарий САПР ТИС пригоден для автоматизированной разработки надёжных технических решений. Однако его может быть недостаточно, чтобы обеспечить синтез и анализ ТИС в интересах безопасности эксплуатации ЛА. К примеру, представляет интерес анализ движения свободной поверхности топлива (СПТ) в баках ЛА под действием перегрузок и эволюций и его влияния на показания топливомера. Работа автора по получению и вычислительной реализации математической модели движения СПТ находится уже в завершающей стадии. Также имеет смысл разработать алгоритмы фильтрации показаний ТИС для достижения эргономичности их восприятия пилотом.

Литература

1. Куприянов Г. А. Математическое обеспечение проектирования топливоизмерительных систем // Proc. Intern. «Instrumentation in Ecology and Human Safety, 10–12 Nov. 2004», St. Petersburg, 2004