

$$\tilde{D} = \tilde{G}_1 \cap \tilde{G}_2 \cap \tilde{G}_3 \cap \tilde{G}_4 = \left\{ \frac{\min(\mu_{G_1}(P_1), \mu_{G_2}(P_1), \mu_{G_3}(P_1), \mu_{G_4}(P_1))}{P_1}, \frac{\min(\mu_{G_1}(P_2), \mu_{G_2}(P_2), \mu_{G_3}(P_2), \mu_{G_4}(P_2))}{P_2}, \frac{\min(\mu_{G_1}(P_3), \mu_{G_2}(P_3), \mu_{G_3}(P_3), \mu_{G_4}(P_3))}{P_3}, \frac{\min(\mu_{G_1}(P_4), \mu_{G_2}(P_4), \mu_{G_3}(P_4), \mu_{G_4}(P_4))}{P_4} \right\}.$$

Наилучшая группа мероприятий определяется следующим образом:

$$\tilde{D} = \arg \max(\mu_D(P_1), \mu_D(P_2), \mu_D(P_3), \mu_D(P_4)).$$

где с помощью $\arg \max(\mu_D(P_i))$ определяется значение аргумента, при котором достигается максимум.

Заключительная часть

Разработана методика многокритериального управления состоянием ТСО, базирующаяся на использовании теории нечетких множеств. Выделены группы мероприятий, которые являются предпочтительными для поддержания состояния и предотвращения чрезвычайных ситуаций. С помощью формулы (1) проведены расчеты по многокритериальному выбору мероприятий, обеспечивающих безопасность промышленного объекта при техногенном воздействии. Выделены группы мероприятий, которые явля-

ются предпочтительными для поддержания уровня безопасности и предотвращения чрезвычайных ситуаций.

Важно отметить, что существующие методы анализа безопасности технически сложных объектов несут преимущественно вероятностный характер. Их использование не дает ответа на вопросы о том, какие мероприятия необходимо внедрять в первую очередь, и на что выделять средства. Использование предлагаемых методов позволит проводить ранжирование мероприятий и осуществлять обоснованный выбор управляющих решений на основе теории нечетких множеств.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев, В.А. Автоматизация регистрации и обработки измерительной информации при испытаниях техники на ударное воздействие [Текст]: монография / В.А. Алексеев, В.И. Заболотских. – Ижевск: Изд-во ИжГТУ, 2006. – 184 с.
2. Анисимова, Н.Г. Организация сплошного информационного покрытия в системах экологического мониторинга зон влияния потенциально опасных объектов [Текст] / Н.Г. Анисимова, А.Ю. Ефремов // Материалы 5-й международной конференции «Управление развитием крупномасштабных систем» (MLSD'2011). М.: ИПУ РАН, 2011. – Т. 2. – С. 313-315.
3. Аэрокосмический мониторинг объектов нефтегазового комплекса // Под редакцией Вондура В.Г. – М.: Научный мир, 2012. – 558 с. + 52 цв. вкл.
4. Горшков, М.В. Экологический мониторинг. Учебное пособие [Текст] – Владивосток: Изд-во ТГЭУ, 2010. – 313 с.
5. ГОСТ Р 51901-2002. Управление надежностью. Анализ риска технологических схем [Текст]. – М.: Изд-во стандартов, 2002.
6. Качанов С.А. Информационные технологии поддержки принятия решений в чрезвычайных ситуациях: Автоматизированная информационно-управляющая система Единой системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций: вчера, сегодня, завтра. Монография [Текст] / А.С. Качанов, С.Н. Нехороев, А.П. Попов, МЧС России, ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ) – Москва: Деловой экспресс, 2011. – 400 с.: ил.

УДК 62-192

Егоров А.М., Новиков П.Г., Кулыгин В.Н.

МИЭМ НИУ ВШЭ «Московский институт электроники и математики Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики», Москва, Россия

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОГО АППАРАТА И ИНТЕРАКТИВНОГО ИНТЕРФЕЙСА ДЛЯ СИСТЕМЫ РАСЧЕТА НАДЕЖНОСТИ СОВРЕМЕННЫХ РЭС АСОНИК-К

Клиентская часть подсистемы предназначена для организации взаимодействия пользователя с подсистемой. Функционально клиентскую часть можно разделить визуальную часть и модуль математического аппарата.

Модуль математического аппарата преимущественно состоит из набора библиотек на C# для расчета надежности всех типов радиоэлектронных элементов и ПЛИС. Классы делятся по типам элементов (резисторы, конденсаторы, трансформаторы и так далее...). В каждом классе набор методов, каждый из которых включает в себя расчет формулы надежности конкретного типа элемента данного класса. Также классы включают в себя методы расчета необходимых для других методов коэффициентов.

```
/**
 * расчет коэффициента Ktx (страница 288)
 */
public static double RES_Ktx(double A, double B, double Nt, double G, double B1, double J, double t)
{
    if (t < 40)
        return (1);
    else
        return (A * Math.Exp(B * Math.Pow((t + 273) / Nt, G)) * Math.Exp(B1 * Math.Pow((t + 273) / 273, J)));
}
```

Рисунок 1 – Пример функции RES_Ktx типа double для расчета коэффициента Ktx

В программном коде каждый метод в обычном виде выглядит, как функция RES_Ktx.

Программа позволяет пользователю производить все расчеты с большой точностью, вплоть до 16 знаков после запятой. Выполнять все расчеты в числах с плавающей точкой двойной точности позволяет тип double. Все данные, а также формат возвращаемых значений являются переменными типа double. Для выполнения сложных расчетов используется встроенный класс Math, стандартная библиотека математических расчетов в C#, которая позволяет рассчитывать сложные возведения в степень, использование экспоненты, возведенной в степень, и так далее... Класс Math содержит стандартные математические функции, без которых трудно обойтись при построении многих выражений. Этот класс содержит два статических поля, задающих константы **E** (число **e**) и **PI** (число **пи**), а также 23 статических метода. Методы задают:

- тригонометрические функции - **Sin, Cos, Tan;**
- обратные тригонометрические функции - **ASin, ACos, ATan, ATan2(sinx, cosx);**
- гиперболические функции - **Tanh, Sinh, Cosh;**
- экспоненту и логарифмические функции - **Exp, Log, Log10;**
- модуль, корень, знак - **Abs, Sqrt, Sign;**

- функции округления - **Ceiling, Floor, Round;**
- минимум, максимум, степень, остаток - **Min, Max, Pow, IEEEReminder.**

Визуальная часть

Визуальная часть программы разработана с помощью системы для построения клиентских приложений Windows Presentation Foundation (WPF) с использованием разметки XAML. Использование WPF позволило получить систему с визуально привлекательными возможностями взаимодействия с пользователем.

Во-первых, программа позволяет пользователю настроить внешний вид окна и изменить список отображаемых вкладок, а также скрывать и закреплять вкладки, изменять их положение и размер.

Во-вторых, программа помогает пользователю при вводе данных. Во время заполнения пользователем ячейки, программа автоматически проверяет правильность вводимых данных. Если пользователь, например, вводит буквы вместо цифр или введенное число не удовлетворяет условиям минимума или максимума, то программа выводит соответствующее сообщение. Требования к вводимым данным изначально указаны в поле ввода и пропадают при нажатии на него. Поле ввода, если это целесообразно, может представлять собой выпадающий список.

Рисунок 2 – Пример результатов работы в программе

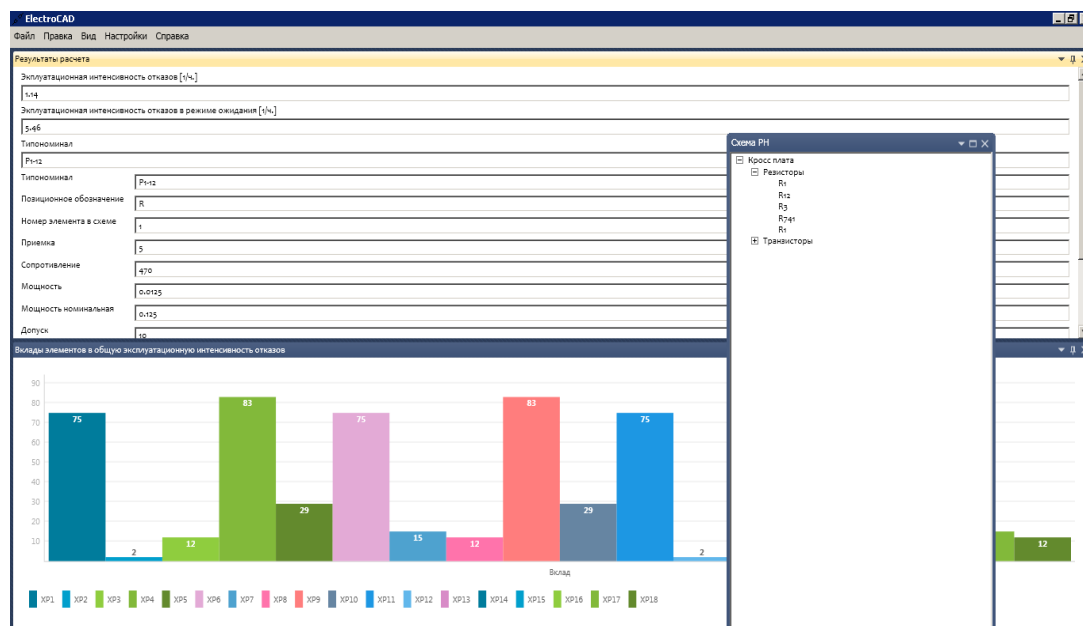


Рисунок 3 – Пример настройки внешнего вида программы

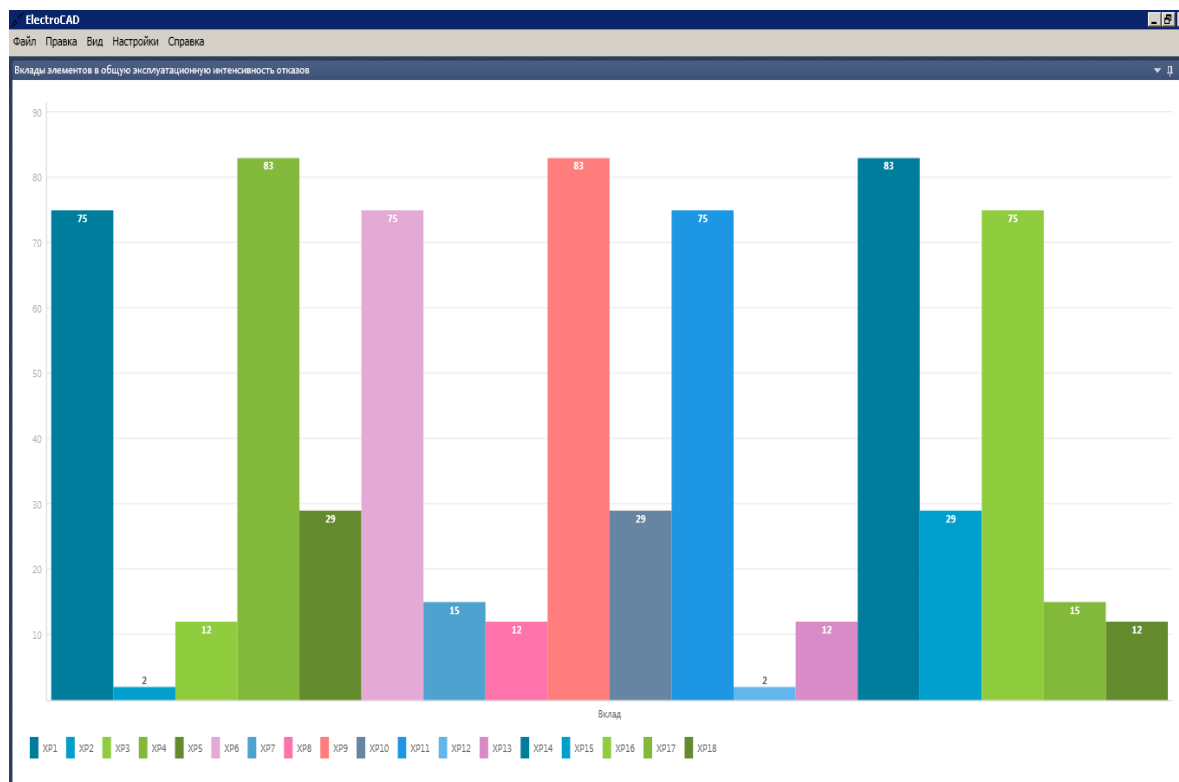


Рисунок 4 – График вклада элементов в общую эксплуатационную интенсивность отказов. Остальные вкладки скрыты

Программа расчета долговечности

Добавление нового пункта ЖЦ

Жизненный цикл

Вид хранения: 0..100

Вид хранения: Неподвижная

Добавить значение

Гр. аппаратуры: 1.10, %: 45

Назад, Далее, Отмена

Рисунок 5 – Пример работы в модуле программы по расчету долговечности

Заключение

Программа разработана при помощи современных средств программирования и отвечает всем требованиям пользователей. К ее преимуществам можно отнести удобный и понятный интерфейс, поддержку, как нового, так и старого аппаратного обеспечения и не требует адаптации. Кроме того разработанная программа обеспечивает высокую сте-

пень надежности и оптимизирована для снижения потребляемых ресурсов системы, а так же исправлены некоторые ошибки предыдущей версии. Приложение совместимо с операционной системой Windows XP/Vista/7/8.

Данное научное исследование (№ проекта 15-05-0029) выполнено при поддержке Программы «Научный фонд НИУ ВШЭ» в 2015 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Медведев В. И. Особенности объектно-ориентированного программирования на C++/CLI, C# и Java. Издательство: РИЦ «Школа», 2010г. ISBN: 978-5-4233-0007-4.
2. Стиллмен Э., Дж. Грин. Изучаем C#, 2-е издание. Издательство: Питер, 2012г. ISBN: 978-5-459-00422-9.
3. Laurence Moroney. Foundations of Wpf: An Introduction to Windows Presentation Foundation. Издательство: Apress, 2006г. ISBN: 1590597605.
4. Мэтью Макдональд. Pro WPF in C# 2010: Windows. Издательство: Вильямс, 2011г. ISBN: 978-1-43-027205-2.
5. Windows Presentation Foundation (WPF) – MSDN – Microsoft WPF Documentation. [Электронный ресурс] URL: [https://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/ms754130\(v=vs.110\).aspx](https://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/ms754130(v=vs.110).aspx) (дата обращения: 02.04.2015).

УДК 623.4.023.2

Волотов Е.М., Митрофанов И.В.

Государственный лётно – испытательный центр имени В.П. Чкалова, Астраханская область, Ахту-бинск, Россия

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СРЕДСТВ ТРАЕКТОРНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ НА БАЗЕ СПУТНИКОВЫХ НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ПРИ ИСПЫТАНИЯХ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ И ВООРУЖЕНИЯ

Бурное развитие космонавтики, появление спутниковых навигационных систем (СНС) NAVSTAR (GPS), ГЛОНАСС, Бэйдоу, IRNSS, QZSS, планируемое развертывание системы Galileo привело к появлению нового типа средств измерений. Такие средства размещаются на летательных аппаратах (ЛА) и используются во время проведения испытательной авиационной техники и вооружения с целью получения траекторных параметров.

Основная часть

Использование средств траекторных измерений (СТИ) на базе СНС позволяет получать координаты объектов с точностью до 10 метров, а при использовании фазовых измерений, до 1 метра. Достижение высоких точностных характеристик таких средств возможно лишь при тщательном учете релятивистских и гравитационных эффектов. Они обусловлены различием и изменением гравитационного потенциала в точках расположения спутника и потребителя, а также различием их скоростей. Игнорирование этих особенностей средневисотных спутниковых навигационных систем может привести к погрешностям определения, соизмеримым с точностными характеристиками таких средств. Однако следует иметь в виду, что столь высокие точностные характеристики системы обеспечиваются не во всех режимах полета. Прежде всего, это относится к маневренным (по крену, тангажу и перегрузкам) режимам, на которых происходит значительное ухудшение точностных характеристик.

С целью повышения точности работы СТИ на базе СНС, а также снижения влияния заведомо вносимых по открытому каналу погрешностей иностранных используется дифференциальная коррекция.

Дифференциальная коррекция – это метод, который значительно увеличивает точность собираемых СТИ на базе СНС данных. В этом случае используется приёмник, расположенный в точке с известными координатами (базовая станция), а второй приёмник собирает данные в точках с неизвестными координатами (передвижной приёмник). Данные, полученные в точке с известными координатами, используются для определения ошибок содержащихся в спутниковом сигнале. Затем информация с базовой станции обрабатывается совместно с данными передвижного приёмника, вместе с учётом ошибок, содержащихся в спутниковом сигнале, что позволяет устранить ошибки в координатах, полученных на передвижном приёмнике. Кроме того, необходимо знать координаты базовой станции как можно точнее, так как точность, получаемая в результате, напрямую зависит от

точности координат базовой станции. Существует два метода выполнения дифференциальной коррекции: в реальном масштабе времени (РМВ) и в обработке в послеполетном режиме. Рассмотрим их более подробно.

При выполнении дифференциальной коррекции в РМВ, базовая станция вычисляет и передаёт (по средством радиосвязи) ошибки для каждого спутника в то время, как он собирает данные. Эти ошибки, принимаемые передвижным приёмником, используются для уточнения определяемого местоположения.

При выполнении дифференциальной коррекции в обработке в послеполетном режиме, базовая станция записывает ошибки для каждого спутника прямо в компьютерный файл. Передвижной приёмник, установленный на борту объекта испытаний, также записывает свои данные в файл. После посадки ЛА, траектория которого определяется, два файла обрабатываются вместе с помощью специального программного обеспечения и на выходе получается дифференциально скорректированный файл траекторных параметров ЛА.

В настоящее время широкое применение в практике летных испытаний [1] получили следующие СТИ на базе СНС: система бортовых траекторных измерений СБТИ-10В, система бортовых траекторных измерений СБТИ-В, комплекс бортовых траекторных измерений КБТИ-М, системы траекторных измерений «Верхушка-13А», «Верхушка-13В». Рассмотрим эти системы более подробно.

Система бортовых траекторных измерений СБТИ-10В.

Система бортовых траекторных измерений СБТИ-10В [2] является средством измерения уточненных координат и скоростей объекта по данным спутниковой навигационной системы GPS. Она выполняет свои функции при полете самолета в любых географических и метеорологических условиях, в том числе при полетах по трассам, не оборудованным радиолокационными и оптическими средствами траекторных измерений.

В СБТИ-10В применен принцип определения уточненных координат объектов на основе дифференциального метода измерения и обработки измерительной информации. Обработка измерительной информации выполняется в послеполетном режиме по данным измерений бортового и наземного (опорного) приемника СНС.

Обработка информации может осуществляться как в дифференциальном режиме, так и в стандартном режиме без учёта корректирующих поправок.

Основные тактико-технические характеристики системы бортовых траекторных измерений СБТИ-10В

Таблица 1

Задано техническим заданием		Получено при испытаниях	
Диапазон производимых траекторных измерений			
удаление от опорной станции в дифференциальном режиме	≤ 500 км	дальность действия в дифференциальном режиме обеспечивается	до 1000 км
высота полета	≤ 18000	высота полета	≤ 15000 м
		путевая скорость	≤ 230 м/с