значительные трудности технического и финансового обеспечения, при выполнении данных работ, считать целесообразным и возможным рекомендовать создание транспортного БПЛА. Технические возможности по разработке таких транспортных БПЛА в отечественной промышленности есть. Целесообразность их создания должны определить заинтересованные организации и министерства.

1. Авиация, энциклопедия, ISBN 5-85270-086-X, н. изд. «БРЭ», ЦАГИ, Москва, 1994г.
2. Корнейчук В.В., Скуднева О.В. и др. Патент РФ № 145174 «Пилотажно-навигационная система транспортного летающего аппарата» G01C 23/00 2006.01 (2014 г.).
3. Скуднева О.В. Беспилотные летательные аппараты в системе лесного хозяйства России. ISSN 0536-1036. ИВУЗ «Лесной журнал» 2014 № 6 стр. 150-154.
4. Корнейчук В.В., Скуднева О.В. и др. Патент РФ № 151304 «Пилотажно-навигационное устройство транспортного летательного аппарата» G01C 23/00 2006.01 (2015 г.)
5. Скуднева О.В. «Структура навигационного – пилотажного комплекса для транспортных летательных аппаратов» Теорія та практика навігаційних приладів систем. Вісник НТУУ «КПІ». Серія Приладобудування-2014. - Вип. 47 (1), стр 21-28.
6. П.Д. Дузь История воздухоплавания и авиации в России. Москва, «Машиностроение», 1981.
7. Патент РФ №2279636 на изобретение «Курсовая система» от 10.07.2006.
8. Корнейчук В.В., Скуднева О.В., Габбасов С.М., Манохин В.И., и др. Патент РФ №2326349 на изобретение «Инерциальная система» от 10.06.2008.
9. Корнейчук В.В., Скуднева О.В., Габбасов С.М., Манохин В.И., Сас П.П., Цепляев Н.А., Цыбизов В.Л. Патент РФ №2597814 на изобретение «Пилотажно-навигационная система транспортного летательного аппарата» от 24.08.2016.
10. Корнейчук В.В., Скуднєв І.К., Габбасов С.М., Манохин В.И., и др. Патент РФ №2463560 на изобретение «Навигационный комплекс» от 10.10.2012.
11. Габбасов С.М., Манохин В.И., Корнейчук В.В., Скуднева О.В. и др. Патент РФ №2465555 на изобретение «Навигационный комплекс» от 27.10.2012.

Шалумов А.С., Ильин С.А.

**Автоматизированная подсистема анализа надёжности несущих конструкций элементов, устройств, приборов энергетики при механических воздействиях
«ЭНЕРГОМОДЕЛЬ-НАДЕЖНОСТЬ-НК»**

*ООО «Научно-технический центр «Энергомодель»
(Россия, Москва)*

doi:10.18411/spc-12-10-2018-10

idsp: 000001:spc-12-10-2018-10

Все процессы преобразования энергии при получении потребительской тепловой и электрической энергии должны сопровождаться аппаратурой контроля и управления процессов. К надёжности такой аппаратуры предъявляются особые требования. Это обусловлено тем, что отказы такой аппаратуры на энергетических комплексах мощностью 100 и более МВт могут привести к необратимым процессам и катастрофам.

Объекты энергетики – элементы, устройства, приборы энергетики (ЭУПЭ) такие как ветрогенераторы, шкафы с электротехническим оборудованием, солнечные батареи и др, в процессе эксплуатации подвергаются механическим, тепловым и электромагнитным воздействиям. Для сокращения сроков и затрат на проектирование применяются специализированные САПР, задача которых на ранних этапах проектирования – анализ стойкости ЭУПЭ к указанным внешним воздействующим факторам и оценка надёжности данных объектов. На сегодняшний день при расчёте надёжности ЭУПЭ не учитывается влияние механических факторов на проектируемый объект, в то время как значительное количество аварий связано с выходом из строя несущих конструкций ЭУПЭ при механических перегрузках и количество таких отказов составляет порядка 50 %. Кроме того влияние механических факторов на 30 % сокращает срок службы объекта.

В настоящее время для обеспечения высокой надёжности ЭУПЭ во время проектирования её макетируют и подвергают длительным разнородным дорогостоящим испытаниям. При испытаниях трудно точно воспроизвести

комплексность (одновременность) физически разнородных воздействий и оценить надёжность и долговечность несущей конструкции ЭУПЭ. Распространённые на предприятиях России импортные программы для инженерного анализа (ANSYS, COSMOS, Nastran, COMSOL и др.) позволяют решать отдельные задачи моделирования физических процессов для машиностроительных конструкций, но в них отсутствует:

1. Расчет надёжности несущей конструкции ЭУПЭ.
2. Учет специфики электроники, применяемой в энергетике (силовая электроника).
3. Базы данных электронных компонентов.

Альтернативы разрабатываемой технологии цикла моделирования объектов энергетике от конструкции до электронного компонента на внешние воздействия и оценки надёжности с учетом результатов, полученных при воздействии тепловых и механических факторов, на российском и зарубежном рынке отсутствуют. Поэтому в данном проекте была поставлена задача разработки отсутствующих в настоящее время технологии и программного обеспечения анализа надёжности ЭУПЭ с учётом механических факторов на основе комплексного моделирования физических процессов в современных ЭУПЭ на внешние механические и тепловые воздействия. Результатом выполнения данного проекта станет использование созданной автоматизированной подсистемы анализа надёжности несущих конструкций ЭУПЭ «ЭНЕРГОМОДЕЛЬ-НАДЕЖНОСТЬ-НК» в составе любой САЕ-системы для перехода на принципиально новый уровень информационных технологий проектирования ЭУПЭ в России, что позволит расширить номенклатуру выпускаемой высоконадёжной, а, следовательно, конкурентоспособной экспортно-ориентированной продукции, снизить брак и затраты на проектирование и производство, сократить сроки выхода на внешний рынок новых изделий.

Прямых конкурирующих решений нет. Вышеперечисленные системы позволяют решать отдельные задачи моделирования физических процессов для машиностроительных конструкций, но не учитывают расчет надёжности несущих конструкций ЭУПЭ, специфику ЭУПЭ, не содержат баз данных электронных компонентов.

Программными продуктами, предназначенными для расчета надёжности, являются: ПК-Relex, АСОНИКА-К, АСОНИКА-Б, АСРН, Risk Spectrum.

Сходства:

Рассчитывают показатели надёжности.

Отличия:

В ПК-Relex, АСОНИКА-К, АСОНИКА-Б, АСРН, Risk Spectrum отсутствует, а в составе автоматизированной системы комплексного моделирования процессов в энергетике и приборостроении на внешние тепловые, механические, электромагнитные воздействия «ЭНЕРГОМОДЕЛЬ» присутствуют [1, 2]:

1. Учет специфики ЭУПЭ в модели физических (тепловых, механических и др.) процессов, протекающих в силовой электронике.
2. База данных материалов и электронных компонентов по геометрическим, теплофизическим, физико-механическим, усталостным, электрическим и надёжностным параметрам, учитывающая специфику ЭУПЭ и содержащая допустимые значения характеристик, необходимые для принятия решения.
3. Учет особенностей свойств материалов, применяемых в энергетике, например, нелинейности демпфирующих, теплопроводящих и других свойств современных материалов.
4. Прогнозирование усталостных разрушений и надёжности ЭУПЭ с учетом всего комплекса физических воздействий среды.
5. Простые и интуитивно понятные интеллектуальные графические интерфейсы, состыкованные с базой данных материалов и электронных компонентов, удобные для работы исследователям и проектировщикам новых объектов ЭУПЭ.
6. Программы, позволяющие ускоренно проводить моделирование сложных конструкций ЭУПЭ, осуществляя автоматические разбиение и построение сетки, а также склеивание моделей в местах стыковки деталей с разными шагами сетки.

7. Модуль интеграции с системами проектирования Mentor Graphics, Altium Designer, OrCAD в формате IDF.

8. Программы идентификации неизвестных параметров материалов.

В результате реализации в проекте автоматизированной подсистемы анализа надежности несущих конструкций ЭУПЭ при механических воздействиях будут созданы:

1. Программная реализация расчета надежности несущих конструкций ЭУПЭ в подсистеме «ЭНЕРГОМОДЕЛЬ-НАДЕЖНОСТЬ-НК».

2. Программная реализация совместимости с распространёнными CAD-системами за счёт учёта специфики высоконадёжных ЭУПЭ при создании новых графических интерфейсов и стыковки со специализированной базой данных материалов и электронных компонентов. Разработка дополнительного модуля интеграции с системами создания 3-D моделей ЭУПЭ ProEngineer, SolidWorks, Inventor в форматах IGES и STEP.

В результате реализации проекта будут получены:

1. Сокращение на 40-45% времени разработки высоконадёжных ЭУПЭ за счет программной реализации:

- модульности (иерархического подхода) при моделировании: шкаф - блок – печатный узел – электронный компонент, позволяющего значительно сократить размерность модели и, тем самым, объем требуемой памяти и время расчета;
- модуля интеграции (интерфейса и конвертора) с системами создания 3-D моделей МЭА ProEngineer, SolidWorks, Inventor в форматах IGES и STEP и со специализированной базой данных материалов и электронных компонентов.

2. Повышение точности анализа надежности на основе их моделирования на внешние тепловые и механические воздействия в 2 - 4 раза и конкурентоспособности нового программного обеспечения (ПО), позволяющего выявлять и обходить потенциальные дефекты в надежности несущих конструкций еще на этапе моделирования, за счет:

1) разработки алгоритма расчёта надёжности несущих конструкций ЭУПЭ с учётом механических воздействий;

2) разработки программного модуля, предназначенного для анализа надёжности несущих конструкций ЭУПЭ при механических воздействиях.

3. Обеспечение стоимости ПО в 8 - 10 раз ниже по сравнению с импортными аналогами и в 2-6 раз ниже по сравнению с российскими аналогами.

Основными покупателями и нашими потенциальными потребителями за рубежом и в России являются научно-исследовательские институты, конструкторские бюро, научно-производственные объединения, заводы и различные информационно-научные центры, занятые проектированием и производством ЭУПЭ.

Созданная в данном проекте автоматизированная система комплексного моделирования процессов в энергетике и приборостроении на внешние тепловые, механические, электромагнитные воздействия «ЭНЕРГОМОДЕЛЬ» позволит реализовать электронную модель ЭУПЭ.

1. Шалумов А.С., Шалумов М.А., Ильин С.А. Автоматизация расчета надёжности элементов, устройств, приборов энергетики при механических воздействиях / Сборник статей по итогам Международной научно-практической конференции «Автоматизация: проблемы, идеи, решения» (Челябинск, 8 сентября 2017 г.). – Стерлитамак: АМИ, 2017. - С.43 - 48.
2. Шалумов А.С., Шалумов М.А., Ильин С.А. Автоматизированная подсистема анализа и обеспечения стойкости элементов, устройств, приборов для энергетики к механическим воздействиям «ЭНЕРГОМОДЕЛЬ-М» / Сборник научных трудов по итогам Международной научно-практической конференции «Современный взгляд на проблемы технических наук» (Уфа, 11 сентября 2017 г.). № 4. – Уфа, 2017. - С.30 - 34.