

3. Sahandi R., Noroozi S., Roushanbakhti G., Heaslip V., Liu Y. Wireless technology in the evolution of patient monitoring on general hospital wards // Journal of Medical Engineering and Technology, 34 (1), 2010. – pp. 51 – 63

4. Liu Y., Sahandi R. ZigBee network for remote patient monitoring // IEEE 22nd International Symposium on Information, Communication and Automation Technologies, 29-31 October 2009, Sarajevo, Bosnia & Herzegovina, 2009. – pp. 1 – 7

5. Ивашенко А.В., Карсаев О.В., Скобелев П.О., Царев А.В., Юсупов Р.М. Мультиагентные технологии для разработки сетевых систем управления / Известия Южного федерального университета. Технические науки. – 2011. – № 3 (116). – с. 11 – 23

6. Прохоров С.А. и др. Прикладной анализ случайных процессов / под ред. С.А. Прохорова. – Самара: Издательство СНЦ РАН, 2007. – 582 с.

УДК 621.396.6:396.6.019.3

Жаднов<sup>1</sup> В.В., Иофин<sup>2</sup> А.А.

<sup>1</sup>Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Москва, Россия

<sup>2</sup>ОАО «Уральское проектно-конструкторское бюро "Деталь"», Каменск-Уральский, Россия

<sup>2</sup>Политехнический институт, Каменск-Уральский, Россия

### ОПТИМИЗАЦИЯ КОНЦЕПТУАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ РАДИОВЫСОТОМЕРОВ ПО КРИТЕРИЮ ВРЕМЕННЫХ ЗАТРАТ НА РАЗРАБОТКУ КОНСТРУКЦИЙ

Ускорение научно-технического прогресса и темпов его развития в условиях жёсткой конкуренции в едином информационно-производственном пространстве выдвигает на передний план задачу сокращения времени на проведение научно-исследовательских (НИР) и опытно-конструкторских (ОКР) работ по созданию новых и модернизации существующих образцов бортовых радиовысотометров (РВ) летательных аппаратов (ЛА). Одним из условий решения этой задачи является минимизация времени на расчётно-аналитические работы (особенно на этапе НИР) без снижения влияния их результатов на показатели надёжности и качества разрабатываемого РВ [1-4].

Как известно, характеристики надёжности ЭРИ и показатели надёжности аппаратуры сильно зависят от внешних воздействующих факторов, причём наибольшее число отказов элементной базы (более 20% от общего числа отказов) приходится на повышение температуры корпуса ЭРИ или окружающей их среды.

На рисунке 1 показан пример зависимости относительно изменения среднего времени наработки на отказ ( $T_{нр}$ ) радиоэлектронного блока от температуры ( $T$ ), приведенный в [8].

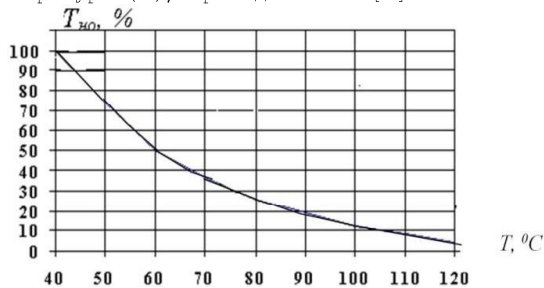


Рисунок 1 – Зависимость относительного изменения среднего времени наработки на отказ от температуры

Поэтому первоочередное значение на этапе концептуального проектирования имеет определение температур во внутреннем объеме конструкции, т.е. определение ее теплового режима адекватного теплового режиму в реальных условиях эксплуатации, заданных в техническом задании (ТЗ) на разработку РВ.

В настоящее время имеется достаточно большое количество САПР и автоматизированных систем проектных исследований (АСПИ) для проведения оценочных расчётов тепловых режимов конструкций аппаратуры. Однако, во-первых, для большинства из них требуется достаточно хорошо проработанная конструкция анализируемого блока, требующая больших затрат времени (особенно в случае, когда проведённые расчёты теплового режима дают неудовлетворительные результаты, а именно, превышение допустимых температур элементной базы, которое приводит к необходимости переделки кон-

струкции), во-вторых, излишнее стремление повысить точность расчётов использованием более «тяжелых» САПР и АСПИ приводит к неоправданному увеличению объема расчётно-аналитических работ без гарантии повышения достоверности расчётов, т.к. на тепловой режим влияет совокупность факторов, многие из которых могут быть определены не аналитически, а только эмпирически для конкретного класса конструкций аппаратуры и условий ее эксплуатации [3, 5].

Уменьшение объема расчётно-аналитических работ при проведении НИОКР может быть достигнуто за счёт использования экспериментально подтверждённых расчётных графиков зависимостей перегревов ( $u$ ) внутри корпуса РВ от мощности теплоудаления ( $P$ ), температуры ( $T_c$ ) и давления ( $P_n$ ) окружающей среды, конструкции корпуса и его компоновки, режима работы (стационарный или динамический по времени  $t$  с перерывами между включениями и без них), а также от способа охлаждения (естественное или принудительное) [1, 3].

Такой подход к решению задачи оправдал себя при проектировании радиовысотометров для ЛА [1]: используя упрощённые тепловые модели конструкций РВ в диапазонах объема корпуса от 1 до 5, от 5 до 10 и от 10 до 20 дм<sup>3</sup> определяли по расчётно-экспериментальным графикам (РЭГ) зависимости  $u = f(P)$  объем корпуса, необходимый для обеспечения нормального теплового режима РВ, затем разрабатывали его конструкцию, используя имеющуюся необходимую элементную базу и применяя конструктивные методы и физические принципы максимального отвода теплоты из РВ в окружающую среду.

На рисунке 2 приведены примеры типового конструктивного исполнения радиовысотометров.

Таким образом, для оптимизации времени концептуального проектирования конструкций РВ следует принять следующий критерий:

$t_{пр} = \min(t_{САПР}, t_{РЭГ})$ , где:  $t_{пр}$  – время оценки теплового режима при концептуальном проектировании;  $t_{САПР}$  – время оценки теплового режима при использовании САПР;  $t_{РЭГ}$  – время оценки теплового режима при использовании РЭГ.

Как уже отмечалось выше (рисунок 1), температура в существенной степени влияет на показатели надёжности аппаратуры. На этапе концептуального проектирования РВ проводится «предварительный» расчет надёжности РВ, в котором в соответствии с [9] рекомендуется использовать усредненные значения интенсивностей отказов

ЭРИ:  $\Lambda = \sum_{i=1}^I \left( \sum_{n=1}^N \lambda_{i,n} \right)$ , где:  $\Lambda$  – интенсивности

отказов блока;  $\lambda_{i,n}$  – интенсивности отказов ЭРИ;  $I$  – число типов ЭРИ;  $N$  – число ЭРИ  $n$ -го типа.

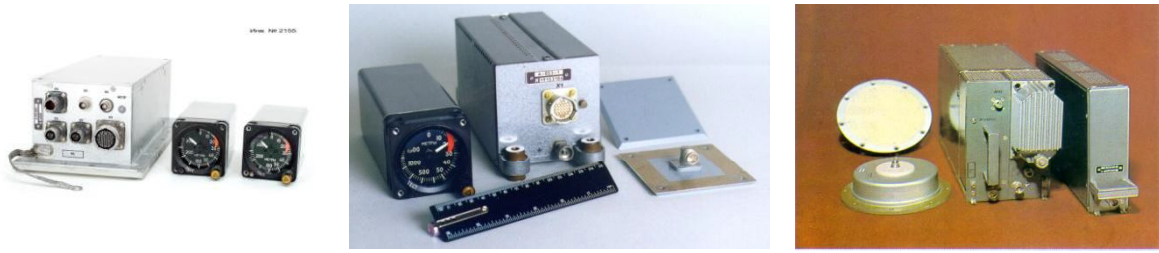


Рисунок 2 - Примеры конструктивного исполнения радиовысотометров

По сути, такой подход является аналогом оценки тепловых режимов по РЭГ, т.к. не требует применения САПР. Однако, в отличие от концептуального проектирования РВ, где любые (в т.ч. незначительные) изменения конструкций РВ требуют существенного изменения 3D-модели и, соответственно, новых временных затрат, при расчетах надежности этого не происходит. Это обусловлено тем, что существенного изменения номенклатуры ЭРИ не происходит, а в процессе проектирования могут меняться только их рабочие режимы. На рисунке 3 приведен пример зависимости интенсивности отказов электронного блока от температуры окружающей среды и от коэффициента нагрузки.

Поэтому, для минимизации временных затрат не только на концептуальном, но и остальных этапах проектирования аппаратуры, следует сразу применять САПР [7]. На рисунке 4 приведена главная форма интерфейса пользователя системы АСНИКА-К-СЧ программно-аналитического комплекса АСНИКА-К [10].

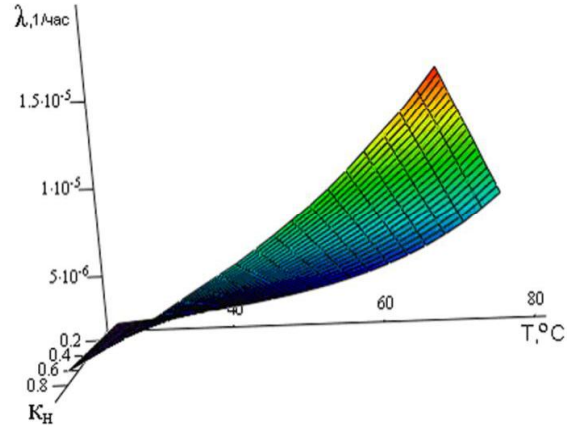


Рисунок 3 - Зависимость интенсивности отказов электронного блока от температуры окружающей среды и от коэффициента нагрузки

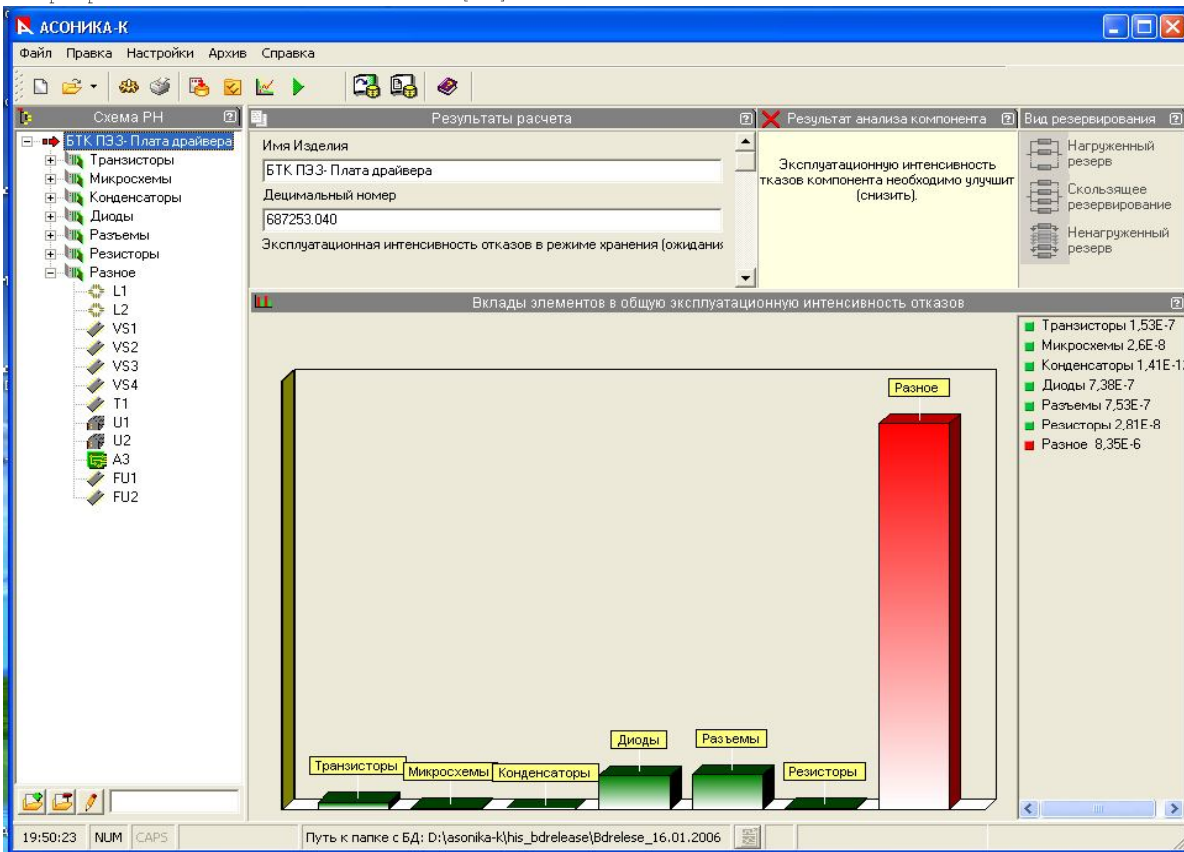


Рисунок 4 - Главная форма интерфейса пользователя системы АСНИКА-К-СЧ

Таким образом значительно сокращалось время определения конструктивных характеристик РВ, обеспечивающих его нормальный тепловой режим и заданную в ТЗ надёжность.

**Заключение**

Для обеспечения нормального теплового режима РВ с минимальными значениями температур применённой элементной базы и получения наивысших значений показателей надёжности на начальном этапе проектирования необходимо использовать

расчётно-экспериментальные графики зависимости  $\lambda = f(P)$  для апробированного ряда тепловых моделей РЭС, современные методы теплофизического конструирования [3, 5], методы математического моделирования и автоматизированные системы расчёта и анализа надёжности [2, 4, 7], которые позволят добиться максимального снижения перегревов применённой элементной базы и РВ в целом и, тем самым, повысить его надёжность в заданных условиях эксплуатации [6].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Иофин А.А. Теплофизическое конструирование. Учебное электрон. текстовое издание. / А.А. Иофин. – Екатеринбург: Изд-во ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2009.
2. Жаднов В.В. Информационная поддержка моделирования РЭА на ранних этапах проектирования. / В.В. Жаднов, И.В. Жаднов, А.Н. Игнатовский, А.А. Иофин. // Надежность и качество: Труды Международного симпозиума в 2-х ч. / Под. ред. Н.К. Юркова. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. техн. ун-та, 2004. Ч. 1. С. 186–188.
3. Иофин А.А. Некоторые аспекты теплофизического конструирования РЭС. / А.А. Иофин. // Надежность и качество: труды Международного симпозиума. В 2-х т. – Пенза: информ.-издат. центр ПГУ, 2009. Т. 1. С. 63–65.
4. Жаднов В.В. Математическое моделирование и ИПИ-технологии в автоматизированном проектировании сложных РЭС. / В.В. Жаднов, А.А. Иофин. // Цифровые модели в проектировании и производстве РЭС: междуз. сб. научных трудов. – Пенза: изд-во Пенз. гос. ун-та, 2007. Вып. 13. С. 69–73.
5. Иофин А.А. Методика ускоренной комплексной оценки тепловых режимов РЭС. / А.А. Иофин. // Надежность и качество: труды Международного симпозиума. В 2-х т. – Пенза: изд-во ПГУ, 2011. Т. 2. С. 261–263.
6. Иофин А.А. Практические результаты анализа повышения надёжности бортовых РЭС летательных аппаратов при повышенных температурах эксплуатации. / А.А. Иофин, Н.С. Яблонских. // Надежность и качество: труды Международного симпозиума. В 2-х т. – Пенза: изд-во ПГУ, 2013. Т. 1. С. 107–109.
7. Iofin A. Comparative characteristics of the PC ASONIKA-K and reliability calculations programs. / A. Iofin, V. Zhadnov. // Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science: Proceedings of the International Conference TCSET'2014, Dedicated to the 170th Anniversary of Lviv Polytechnic National University. – Lviv: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2014. Р. 226–228.
8. Жаднов В.В. Особенности конструирования бортовой космической аппаратуры: учеб. пособие. / В.В. Жаднов, Н.К. Юрков. – Пенза: Изд-во ПГУ, 2012. 112 с.
9. Справочник «Надежность ЭРИ». – М.: МО РФ, 2006.
10. Абрамешин А.Е. Информационная технология обеспечения надёжности электронных средств наземно-космических систем: научное издание. / А.Е. Абрамешин, В.В. Жаднов, С.Н. Полесский; отв. ред. В.В. Жаднов. – Екатеринбург: Форт Диалог-Исеть, 2012. 565 с.

УДК 621

Романчева Н.И.

Московский государственный технический университет гражданской авиации, Москва, Россия

#### ЗАДАЧА ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОГО МАРШРУТА ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТА

##### Введение

Современный специалист – выпускник ВУЗа, независимо от уровня образования (бакалавр-магистр или специалист) должен обладать компетенциями, с одной стороны, указанными в ФГОС и сформированными в процессе обучения, с другой стороны – удовлетворяющими работодателю. В практической деятельности организации – потенциальные работодатели, ВУЗы, министерства и ведомства и др. – решают ряд задач: сколько потребуется специалистов  $l$ -ой специальности (направления обучения)  $k$ -му работодателю через  $t$ -лет, каким  $v$ -множеством компетенций он должен обладать, сколько потребуется  $m$ -финансовых затрат на подготовку специалистов и кто должен осуществлять это финансирование (государство, будущий работодатель, ВУЗ, обучаемый)? Несогласованность участников образовательного процесса, неоднозначность сформулированных в стандартах третьего поколения на подготовку современного выпускника компетенций, плохо поддающихся формализации, делает существующие до настоящего времени методики подготовки выпускника практически непригодными как для четкой формализации требований к будущему специалисту, так и для контроля формирования компетенций. Кроме того, задача выбора оптимального маршрута подготовки специалиста в настоящее время рассматривается отдельно от процесса финансирования обучения.

Обозначенная проблема остается актуальной и может рассматриваться как задача логистики: обеспечение требуемого количества специалистов заданного качества (с определенным набором компетенций, отвечающим международным критериям качества образования) в нужной отрасли в установленное время с оптимальными затратами.

В данной работе приводится результат исследования, и обосновывается необходимость динамических междисциплинарных связей: работодатель – ВУЗ – школа, позволяющих готовить выпускников с «пережением».

Основная часть

Процесс подготовки специалиста следует рассматривать как триаду: работодатель– ВУЗ– школа. Работодатель знает, сколько и каких специалистов нужно (в динамике), т.е. известно, какими навыками, знаниями должен обладать выпускник ВУЗа. Следовательно, ВУЗы знают сколько необходимо подготовить выпускников  $t$  по какой специальности (направлению), и какими знаниями (компетенциями – как интегральной характеристикой) они должны обладать на выходе из ВУЗа. Для успешного выполнения этого процесса необходимо сформулировать достаточные и необходимые условия для школ – какими базовыми знаниями должен владеть выпускник школы. Следующие 30–50 лет общество будет развиваться быстрее, чем за предыдущие 5 тысяч лет, что дает право делать предположение о неравномерности ряда событий. Например, поток заявок на специалистов может корректироваться в процессе их подготовки, как в сторону увеличения, так и уменьшения, в зависимости от состояния рынка труда. Определение рациональных маршрутов подготовки позволяет решить следующие задачи: оптимизировать образовательные и финансовые потоки в логистических каналах, обеспечить максимальную производительность (качество подготовки), обеспечить минимизацию себестоимости подготовки.

В [1] формирование компетенций выпускника рассматривается как процесс движения студента между дисциплинами (модулями) основной образовательной программы. Потому роль междисциплинарных связей работодатель–ВУЗ–школа в подготовке в соответствии со стандартами 3-его поколения существенно возрастает. Междисциплинарные связи можно рассматривать как некий инструмент контроля «процесса движения» (дорожной карты) методическим советом по направлению (специальности).

На сегодняшний день профилирующие кафедры ВУЗов разработали, с их точки зрения, оптимальные учебные планы подготовки выпускника, однако все они далеко не совершенны. Анализ учебных планов показывает, что тенденция сохранить фун-