

**УДК 681.5.09**

**Отечественные программные комплексы для расчета надежности технических систем.**

**Цыганенко Д.А.**

Научный руководитель д.т.н., профессор Астапов В.Н.  
Самарский Государственный технический университет  
Самара, Россия (443100, Самара ул. Молодогвардейская, 244),  
e-mail: darya.tsyganenko@yandex.ru, asta-2009@mail.ru

«Самарский государственный технический университет», Самара, Россия.

**Аннотация**

В последнее время существенно вырос спрос на отечественные программные комплексы расчета надежности технических систем в связи с повышенными требованиями предприятий к надежности автоматизации оборудования и машин. Поэтому современный подход к анализу надежности автоматизированных систем, широкий класс которых представляют АСУТП, должен учитывать тот факт, что надежностью таких систем следует считать не только безотказность, ремонтпригодность и готовность, но и безопасность, конфиденциальность и целостность информационных и управляющих систем. В данной исследовательской работе рассматриваются отечественные программные комплексы (ПК) с точки зрения применения их для расчета надежности такие, как ПК «Арбитр», ПК «АСОНИКА-К» и ПК «Надежность».

**Ключевые слова:** программные комплексы расчета надежности технических систем, АСУТП, проектный расчет надежности на предприятиях.

**Domestic software systems for calculating the reliability of technical systems.**

**Tsyganenko D.A.**

**Scientific adviser: Astapov V.N.**

Samara State Technical University  
Samara, Russia (244 Molodogvardeyskaya str., Samara, 443100),  
e-mail: darya.tsyganenko@yandex.ru, asta-2009@mail.ru

**Annotation**

Recently, the demand for domestic software systems for calculating the reliability of technical systems has increased significantly due to the increased requirements of enterprises for the reliability of automation of equipment and machines. Therefore, a modern approach to analyzing the reliability of automated systems, a wide class of which are automated control systems, should take into account the fact that the reliability of such systems should be considered not only reliability, maintainability and readiness, but also security, confidentiality and integrity of information and control systems. In this research paper, domestic software systems (PCs) are considered from the point of view of their application for calculating reliability, such as PC "Arbiter", PC "ASONIKA-K" and PC "Reliability".

**Keywords:** software complexes for calculating the reliability of technical systems, automated control systems, design calculation of reliability at enterprises.

**Введение**

Современный подход к анализу надежности АС, широкий класс которых представляют АСУТП, должен учитывать тот факт, что надежностью таких систем следует считать не только безотказность, ремонтпригодность и готовность, но и безопасность, конфиденциальность и целостность информационных и управляющих систем.

Реализация проектного расчета надежности на предприятиях осуществляется на основе методик, в которых должны учитываются общие требования руководящих документов, а также особенности организации производства и выпускаемой продукции. В настоящее время

таких методик разработано большое количество. Наиболее характерными для большинства этих методик являются следующие этапы проектного расчета надежности систем.

Опыт последних лет показывает, что, несмотря на наличие большого числа даже хорошо теоретически проработанных методик, в проектном расчете надежности они практически не применяются. Рассмотрим основные причины такого положения дел.

**Уровень автоматизации** процессов выполнения указанных выше этапов проектного расчета надежности различный. В большинстве действующих методик предусматривается ручное выполнение основной содержательной части этапов проектного расчета надежности. В наибольшей степени сейчас автоматизированы только процедуры расчетов системных показателей надежности, которые выполняются на конечном этапе с помощью разработанных на предыдущих этапах математических моделей различных свойств надежности проектируемой системы.

**Постановка задач проектного расчета надежности** обычно осуществляется путем построения структурной схемы исследуемой системы. В зависимости от выбранного метода структурная модель надежности может представлять собой либо граф переходов состояний системы, либо схему функциональных связей состояний отдельных элементов. Последний вид схем имеет существенно меньшую размерность, и нашел преимущественное применение в методиках проектного расчета надежности. Наиболее широко используются схемы функциональных связей элементов в виде последовательно-параллельных соединений, деревьев событий, деревьев отказов, графов связности и схем функциональной целостности.

[1]

**Определение вероятностных и других параметров надежности элементов проектируемой системы** справедливо называют проблемой исходных данных. Необходимость ее решения возникает тогда, когда реализуется возможность осуществления проектного расчета надежности на предприятии. Поэтому заранее накопить исходные данные обычно не удается. В начальный период освоения технологий расчетов надежности определение исходных данных осуществляется одновременно с выполнением работ по проектированию систем. В дальнейшем эти данные должны накапливаться в соответствующих базах, для использования в последующих проектах.

**Ручная технология построения расчетных моделей** является главной проблемой большинства существующих методик проектного расчета надежности сложных систем. Обычно ручная технология моделирования основывается на известном методе декомпозиции. Сначала исходная структурная схема системы разделяется на так называемые типовые фрагменты (части, подсистемы), расчетные формулы (модели) оценки показателей надежности которых известны. Затем эти фрагменты в структурной схеме заменяются соответствующими эквивалентными элементами, параметрами которых являются указанные формулы, модели или соответствующие числовые характеристики.

**Автоматизированная технология построения расчетных моделей** является единственным способом практического решения проблем трудоемкости и размерности в проектных расчетах надежности систем. В самом общем виде автоматизация моделирования предусматривает:

- полную формализацию и практическую реализацию способов машинного представления результатов постановки задач, структурных схем систем;
- полную алгоритмизацию и программную реализацию всех процессов преобразования структурных схем и критериев в соответствующие расчетные математические модели надежности проектируемых систем.

В настоящее время известно несколько действующих образцов программных комплексов, реализующих указанную технологию автоматизированного моделирования:

- ПК Арбитр;
- ПК АСОНИКА-К;
- ПК НАДЕЖНОСТЬ.

В основе практически всех указанных технологий и программных комплексов автоматизированного моделирования лежат логико-вероятностные методы (ЛВМ) системного анализа. Это обусловлено тем, что по построению все этапы ЛВМ имеют высокую степень формализации, что позволяет автоматизировать процессы построения моделей систем. [2, 3, 4]

### **Программный комплекс «АРБИТР»**

ПК «АРБИТР» предназначен для автоматизированного моделирования и расчета показателей надежности, живучести и безопасности структурно-сложных систем, в том числе опасных производственных объектов и объектов использования атомной энергии. Комплекс является инструментальным средством поддержки проведения исследовательских, проектных, эксплуатационных работ и надзорных функций. Комплекс обеспечивает автоматизированное моделирование и расчет вероятностей возникновения (невозникновения) аварийных ситуаций.

Основные функции ПК «АРБИТР»:

- расчет вероятности безотказной работы или отказа и средней наработки до отказа невосстанавливаемых систем;
- расчет коэффициента готовности, средней наработки на отказ, среднего времени восстановления и вероятности безотказной работы восстанавливаемых систем;
- расчет показателей готовности смешанных систем, состоящих из восстанавливаемых и невосстанавливаемых элементов;
- расчет значимостей, положительных и отрицательных вкладов элементов исследуемых систем;
- приближенный расчет вероятностных характеристик систем;
- структурный и автоматический учет отказов групп элементов по общей причине (модели альфа-фактора, бета-фактора и множественных греческих букв);
- учет различных видов зависимостей и множественных состояний элементов, представляемых с помощью групп несовместных событий;
- учет неограниченного числа циклических (мостиковых) связей между элементами СФЦ;
- логико-статистическое моделирование вероятностных показателей систем.

В программном комплексе реализовано:

- представление логико-вероятностных моделей исследуемых систем в виде схем функциональной целостности (СФЦ) с неограниченным числом уровней декомпозиции;
- автоматическое построение логических функций и их представление в виде минимизированной дизъюнктивной нормальной формы (ДНФ);
- автоматическое построение вероятностных функций.

Информация, необходимая для установки и эксплуатации ПК «АРБИТР» См. Таблица 1, Таблица 2.

Таблица 1 – Конфигурация аппаратной части компьютера

Параметр	Минимальная	Рекомендуемая
Процессор	x86	Core i7
Оперативная память	32MB	2GB
Дисковое пространство	5MB	100MB
Привод CD-ROM	Да	Да
USB-разъем	Да	Да
Разрешение монитора	800×600 16 бит	1024×768 32 бит

Таблица 2 – Конфигурация программного обеспечения

Параметр	Минимальная	Рекомендуемая
Операционная система	Windows XP	Windows 10
Браузер	Internet Explorer 4.0	Internet Explorer 11.0

Для эксплуатации ПК «АРБИТР» необходимо использование аппаратного ключа защиты.

#### **Преимущества ПК «АРБИТР»:**

1. Универсальные методы: поддерживает широкий спектр методов анализа надежности и безопасности сложных технических систем, что позволяет использовать ПК «АРБИТР» для решения различных задач.

2. Более 15 лет на рынке: разработан в 2003 году, в 2007 году аттестован Ростехнадзором РФ; непрерывно совершенствуется, является самым востребованным в РФ программным средством для анализа надежности и безопасности систем и процессов, соответствует требованиям международных и отечественных стандартов.

3. Поддержка и обучение: компания СПИК СЗМА оказывает неограниченную техническую поддержку пользователей, включая решение конкретных практических задач; организует и проводит обучение специалистов по вопросам использования ПК «АРБИТР» в различных областях промышленности, в учебной и научно-исследовательской деятельности.

4. Разработан в России: зарегистрирован в реестре российского программного обеспечения Минкомсвязи (№ 2970, Приказ Минкомсвязи России от 09.03.2017 № 103), что позволяет использовать его в государственных и муниципальных учреждениях, которым запрещена закупка иностранного программного обеспечения. [5]

#### **Программный комплекс «АСОНИКА-К»**

На отечественном рынке представлена успешно развивающаяся подсистема АСОНИКА-К – программное средство решения задач анализа и обеспечения надежности в рамках автоматизированного проектирования РЭА См. Рисунок 1. По своим возможностям подсистема АСОНИКА-К не уступает RBD-модулям зарубежных ПК A.L.D. Group (RAM Commander), Relex, Isograph и др. Ее использование является более предпочтительным, так как АСОНИКА-К позволяет вести расчет надежности РЭА, производимой в России, на основе данных, приведенных в отечественных справочниках «Надежность электрорадиоизделий», «Надежность электрорадиоизделий зарубежных аналогов». [6]

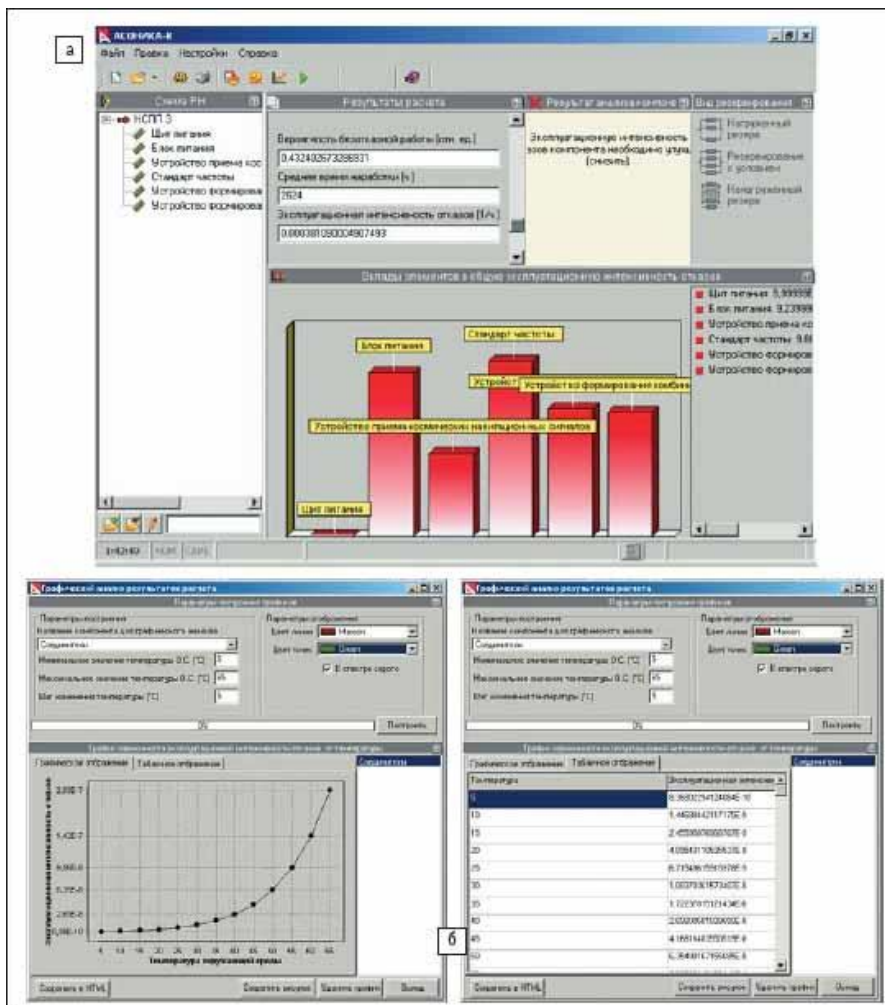


Рисунок 1 – Система расчета надежности: а) пример расчета надежности РЭА; б) пример графического анализа зависимости интенсивности отказов от температуры окружающей среды

Использование ПК АСОНИКА-К позволяет реализовать современные методы проектирования РЭА, основанные на CALS-технологиях. АСОНИКА-К представляет собой программное средство, созданное в технологии «клиент-сервер». Ниже приведен состав программного комплекса АСОНИКА-К:

- система расчета характеристик надежности составных частей;
- система расчета показателей надежности изделий;
- система анализа результатов;
- система архивации проектов;
- справочная система;
- система сопровождения базы данных;
- система администрирования пользователей;
- система анализа и учета влияния на надежность внешних факторов;
- информационно-справочная система по характеристикам надежности компонентов современной сложно-вычислительной техники (СВТ) и ЭРИ.

БД клиентской части ПК содержит информацию о проектируемой РЭА. Такая организация клиентской части позволяет проводить расчеты РЭА параллельно с нескольких рабочих станций. Клиентская часть программы имеет графический постпроцессор и интерфейсы с системами моделирования физических процессов и конструкторского проектирования, в том числе АСОНИКА-Т, P-CAD 2001, АСОНИКА-М и др.

Математическое ядро ПК содержит в качестве модели надежности экспоненциальное и DN-распределения и может быть адаптировано к любой другой модели надежности. Оно позволяет рассчитывать РЭА, содержащие до четырех иерархических уровней разукрупнения и имеющие различные типы резервирования. Результаты расчетов могут быть представлены как в текстовом, так и в графическом виде.

ПК АСОНИКА-К позволяет проводить следующие виды анализа расчета надежности (СРН, аналог RBD-модуля RAM Commander, Relex RBD, Isograph RBD): анализ результатов расчетов надежности РЭА, СРН которых представляет собой произвольное соединение составных частей (древовидное, иерархическое и т. д.) и анализ результатов расчета составных частей, с последовательным соединением.

ПК АСОНИКА-К не уступает по возможностям зарубежным ПК и может быть рекомендован для проведения расчетов надежности отечественной РЭА на базе как импортных, так и отечественных ЭРИ. Главное преимущество – возможность вести расчеты надежности, используя отечественные справочники «Надежность электрорадиоизделий» и отвечать требованиям комплекса военных стандартов «Мороз-б» для РЭА ответственного применения. Реализация современной концепции CALS-технологий обеспечивает непрерывную информационную поддержку, связанную с эксплуатационными отказами отечественных ЭРИ. [7]

### **Программный комплекс «НАДЕЖНОСТЬ»**

Программный комплекс «Надежность» применяется для минимизации конечной стоимости разработки систем за счет определения и отработки их потенциально ненадежных составных частей на ранних этапах проектирования и оптимизации процессов оценки показателей надежности и отказобезопасности, а также расчетов запасных частей, инструментов и принадлежностей.

Программный комплекс по расчету показателей надежности и отказобезопасности:

- выполняет расчет показателей надежности разрабатываемых систем с реализацией функций отслеживания выполнения требований в многопользовательском режиме;
- предоставляет логико-вероятностные методы моделирования работы разрабатываемых систем в ожидаемых условиях эксплуатации;
- выполняет расчеты комплектов запасных частей, инструментов и принадлежностей;
- реализует процесс анализа отказобезопасности разрабатываемых систем;
- обеспечивает автоматизированное формирование отчетной документации в соответствии с действующей в отрасли нормативной базой.

Программный комплекс реализован по модульному принципу построения в составе обязательного базового модуля и подключаемых к нему независимых модулей, обеспечивающих реализацию основных функциональных возможностей программного комплекса См. Рисунок 2.

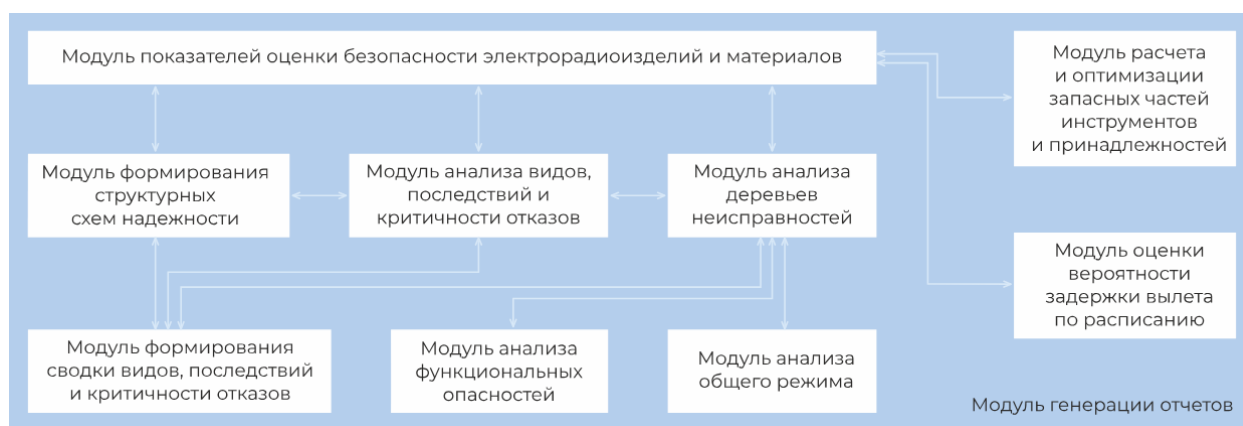


Рисунок 2 – Функциональные возможности модулей

Оборудование и ПО АРМ должно соответствовать следующим рекомендуемым характеристикам См. Таблица 3:

Таблица 3 – Требования к программному обеспечению

Параметр	Минимальная	Рекомендуемая
Процессор	4-ядерный 64-разрядный (x64) процессор с тактовой частотой 1.4 ГГц или выше	8-ядерный 64- разрядный (x64) процессор с тактовой частотой 3ГГц или выше
Оперативная память	8 ГБ и более	16 ГБ и более
Видеокарта	Графические карты с поддержкой полноцветного режима True Color и OpenGL	Графические карты с поддержкой полноцветного режима True Color и OpenGL
Жесткий диск	50 ГБ и более	50 ГБ и более
USB-порт	2.0 и выше	2.0 и выше
Сетевой интерфейс	100 МБит/с	1 Гбит/с
Операционная система	Windows 7 SP1	Windows 10

#### Преимущества ПК «Надежность»:

1. Сокращение времени на ввод данных по составным частям разрабатываемых систем.
2. Контроль и отслеживание исполнимости заложенных требований итеративно в процессе работы.
3. Оптимизация работы по крупным проектам за счет возможности одновременной работы над ними и отслеживания внесенных изменений.
4. Снижение уровня рисков, связанных с человеческим фактором, при выполнении расчетов и переносе данных между формами, установленными нормативной документацией отраслей.
5. Снижение уровня рисков потери информации за счет возможности хранения копий проектных файлов на сервере и локальном персональном компьютере. [8]

Проектный расчет надежности является обязательным условием разработки высококачественных автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП). Требования и общая организация проектных расчетов надежности определены многими отечественными и международными стандартами и руководящими документами [9,10,11].

## Заключение

Итак, данная работа носит обзорно-исследовательский характер. Основным результатом проведенных в данной работе теоретических исследований является получение знаний о программных комплексах расчета надежности технических систем.

В данной работе показано решение основных задач анализа надежности схемно-конструктивного построения проектируемой системы. Выработаны обоснования проектных решений, дана оценка технико-экономической эффективности рассмотренных мер. Показан уровень достижения надежности проектируемой системы и проведения проверки его соответствия требованиям технического задания.

В работе проведен анализ отечественных программных комплексов для проектного расчета надежности технических систем ПК «Арбитр», ПК «АСОНИКА-К», ПК «Надежность».

Таким образом, был приведен анализ методов проектного расчета надежности продукции на предприятии, обоснована необходимость автоматизации процессов построения математических моделей для расчета надежности проектируемых систем.

## Список литературы

1. Проурзин В.А. Алгоритмы численного анализа надежности и риска для сложной системы на основе деревьев отказов. // Труды Международной Научной Школы "Моделирование и анализ безопасности, риска и качества в сложных системах". СПб.: Издательство ООО "НПО "Омега", 2018, с.263-268.
2. Рябинин И.А. Надежность и безопасность сложных систем. // СПб.: Политехника, 2017. –248 с.
3. Можаяев А.С. Общий логико-вероятностный метод анализа надежности структурно-сложных систем. // Уч. пос. Л.: ВМА, 2019. – 68 с.
4. Можаяев А.С., Громов В.Н. Теоретические основы общего логико-вероятностного метода автоматизированного моделирования систем. Уч. пос. СПб.: ВИТУ, 2021. –143 с.
5. ПК АРБИТР: О программном комплексе [Электронный ресурс] – URL: <https://szma.com/arbitr/> (дата обращения – 20.10.2023 г.).
6. АСОНИКА-К [Электронный ресурс] – URL: <https://asonika-k.ru/> (дата обращения – 28.10.2023 г.).
7. Жаднов В. В., Жаднов И. В., Замараев С. П., Смирнов Н., Полесский С. Н., Пращикин С. А., Фридер А. Ю. Новые возможности программного комплекса АСОНИКА-К. – М., 2017. – С. 52-55.
8. ПК Надежность [Электронный ресурс] URL:<https://reliability.manufacturing.digital/#main> (дата обращения – 29.10.2023 г.).
9. ГОСТ 27.001-95. Межгосударственный стандарт. Система стандартов "Надежность в технике". Основные положения. Минск: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1997. –3 с.
10. ГОСТ 27.301-95. Надежность в технике. Расчет надежности. Основные положения. М.: Изд-во стандартов, 1997. – 15 с.
11. ГОСТ 24.701-86. Единая система стандартов автоматизированных систем управления. Надежность автоматизированных систем управления. Основные положения. М.: Издательство стандартов, 1987. – 17 с.