

«ОБЛАЧНЫЕ» ТЕХНОЛОГИИ В АВТОМАТИЗАЦИИ РАСЧЕТНОЙ ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ СТРУКТУРНО-СЛОЖНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

В. В. Жаднов, А. Н. Тихменев

В настоящее время развиваются и получают широкое применение «облачные» технологии, одной из которых является модель предоставления пользователям доступа к программному обеспечению (ПО) через глобальную сеть Интернет без установки ПО на компьютер пользователя. Такая модель получила название *Software as a Service (SaaS)*, одним из основных преимуществ которой является простота интеграции ПО в различные процессы (проектирования, обучения и др.), так как в этом случае не требуется установки ПО на рабочие компьютерные станции, а стоимость услуги аренды ПО существенно ниже стоимости лицензии [1].

Использование технологии *SaaS* имеет целый ряд преимуществ для пользователя, среди которых особенно ценны доступ к ПО практически с любого компьютера, подключенного к сети Интернет и возможность совместной работы над одним проектом разными людьми и с разных рабочих мест, в том числе и из разных городов. Определенные преимущества имеет также перенос вычислительной нагрузки на сервер, что позволяет задействовать большие вычислительные мощности и выполнять сложные расчеты в течение длительного срока, не прекращая работу над другими задачами. Также пользователь освобождается от задач хранения данных и ответственности за их сохранность, так как эти задачи ложатся на сам сервис и его обслуживающий персонал [1].

Наиболее распространенным типом ПО, предоставляемого по модели *SaaS*, являются *HRM*-системы, ИТ-сервисы для предприятий, приложения для бухгалтерии и т.п. [1, 2]. Решения, связанные с реализацией *CAE/CAD*-систем по модели *SaaS* только появляются. В основном этим занимаются крупные компании, уже завоевавшие себе имя, ПО которых имеет высокую репутацию и свой круг потребителей [3]. Сложности реализации *CAD/CAE*-систем в виде облака заключаются в необходимости передачи большого объема информации от пользователя к вычислительному ядру при работе, к примеру, с 3D-моделями [4]. В таких условиях технология *SaaS* может оказаться более выгодной для небольших программ, только выходящих на рынок и не имеющих авторитета и устоявшегося круга потребителей.

Поскольку разработка *CAE/CAD*-систем является дорогостоящим процессом, в котором необходимо задействовать квалифицированных разработчиков и специалистов в предметной области, на которую направлена данная система, то соответственно и цена лицензии оказывается достаточно большой. В результате становится сложно убедить руководство предприятий в том, что это ПО им действительно нужно, в то время как *SaaS* позволяет минимизировать затраты на его использование и тем самым помочь продукту выйти на рынок и завоевать себе потребителей.

Также сложным вопросом является обеспечение безопасности данных [1, 4, 5]. Даже если провайдер и сможет обеспечить защиту информации от третьих лиц, то невозможно гарантировать его добросовестность. В этом вопросе остается полагаться только на то, что провайдер услуги дорожит своей репутацией. Это также является значимым препятствием для развития *SaaS* в области *CAD/CAE*-систем [4].

При всей сложности внедрения облачных технологий уже сейчас они могут найти потребителей в лице вузов, так как подготовка квалифицированных кадров просто обязана включать в себя обучение современным средствам проектирования, а покупка дорогостоящих лицензий и полноценное техническое оснащение учебных заведений являются сложной задачей, даже с учетом обилия льгот, которые поставщики *CAD/CAE*-систем готовы предоставить им.

Рассмотрим перспективы использования *SaaS* на примере ПО для расчета надежности электронных средств. Эта задача актуальна для предприятий, занимающихся разработкой и выпуском электронных средств ответственного и специального применения, таких как изделия для военной и космической техники.

В технических заданиях на разработку таких изделий обязательно входит требование по обеспечению показателей надежности (как правило, достаточно высоких), а процесс проектирования включает мероприятия по оценке проектной надежности на каждом этапе.

Процедура оценки проектной надежности разбивается на две стадии. На первой оценивается надежность составных частей (СЧ), на второй – структурная надежность изделия. Первая стадия использует информацию об элементной базе, ее режимах работы и условиях эксплуатации. Результатом являются показатели надежности структурно-простых СЧ. На надежность электро-радиоизделий (ЭРИ) влияют климатические условия, внешние воздействующие факторы и другие параметры. Математические модели и их параметры для оценки показателей надежности стандартизированы в специализированных справочниках по элементной базе. Для автоматизации таких расчетов применяется специализированное ПО (системы *АСРН*, *АСОКИКА-К-СЧ*, модули *Reliability Prediction* и др.). При этом система *АСОНИКА-К-СЧ* активно продвигается как инструмент обучения и используется в различных вузах страны.

Программное обеспечение для этой стадии оценки надежности является универсальным и востребованным практически в каждом проекте, поэтому его преобразование в «облачный» сервис не столь актуально. Но и здесь в этом есть некоторая перспектива. Например, программный комплекс *АСОНИКА-К* изначально разрабатывался по технологии клиент-серверного приложения с ориентацией на локальную сеть предприятий, как по требованиям соблюдения секретности, так и из-за отсутствия свободного доступа к глобальной сети. Однако сейчас эти ограничения уже не столь распространены, так как *SaaS* используют для ведения бухгалтерии предприятий [6], т.е. достигнут высокий уровень безопасности и доверия между поставщиками *SaaS* услуг и их клиентами.

Использование клиент-серверной архитектуры в системе *АСОНИКА-К-СЧ* связано с большим объемом справочной базы данных с параметрами ЭРИ и моделями интенсивностей отказов, которые требуют своевременного, централизованного обновления для обеспечения воспроизводимости расчетов, что затруднено при реализации ПО в виде простых приложений. Переход на облачную технологию в формате *SaaS* или *S+S* [1] (аналогичная технология, но с программным клиентом) позволит обеспечить своевременное обновление и расширить круг клиентов как среди вузов, так и среди предприятий, не ограниченных требованиями секретности, за счет снижения стоимости услуги [4].

На второй стадии на основе результатов первой и информации о структуре ЭС определяется надежность всего изделия с учетом резервирования и реконфигураций, внесенных в алгоритм функционирования. При проектировании сложной аппаратуры на этом этапе возникает ряд трудностей, которые, как правило, решаются путем упрощения моделей для получения нижней оценки показателей надежности. Однако при этом нельзя оценить значение ошибки, а так как по результатам этого расчета необходимо принять решение о выполнении требований ТЗ или о коррекции проекта с целью повышения надежности, то это может привести к проведению избыточных мероприятий по обеспечению надежности и, как следствие, к дополнительным расходам и ухудшению массогабаритных характеристик. На этой стадии используются более сложные методы анализа структурной надежности, что обусловлено следующими особенностями ЭС:

- применение резервирования на разных уровнях разукрупнения приводит к тому, что интенсивность отказов не является постоянной во времени;
- при разработке структуры для повышения надежности учитываются индивидуальные особенности, что приводит к сложным алгоритмам восстановления после отказа;
- в ходе функционирования составные части работают с переменной нагрузкой.

Для такой аппаратуры необходимо строить индивидуальные модели, учитывающие особенности функционирования, для их анализа, как правило, используются методы анализа структурной схемы надежности [7], которые приведены в табл. 1.

Таблица 1

Методы анализа структурной надежности

Метод анализа структурной надежности	Ограничения
Метод, основанный на применении классических теорем теории вероятностей	Математическая модель выводится конкретно для каждого БРЭУ, включает законы распределения отказов, сложности в полном алгоритма функционирования
Логико-вероятностный метод	Не учитывает изменения законов распределения отказов во времени
Методы, основанные на теории марковских процессов	Только экспоненциальные распределения, для структурно-сложной аппаратуры возрастает размерность графа
Топологические методы	Не учитывает изменения законов распределения отказов во времени, сложные критерии отказов
Имитационное моделирование	Сложность создания модели, высокие вычислительные потребности

На основе этих методов создан ряд программных продуктов, которые автоматизируют вычисление показателей надежности [8]. В качестве примера можно привести модуль *Markov Chain* системы *RAM Commander*, который реализует расчет на основе марковских процессов, ПК АСМ СЗМА – логико-вероятностный метод [9], система АСОНИКА-СИ – гибридный метод статистических испытаний (совокупность методов топологического и Монте-Карло) [10], *AvSim* – метод имитационного моделирования, направленный на моделирование запасов ЗИП [11].

Все эти программы не имеют реализации в виде *SaaS* и слабо распространены в практике отечественного проектирования, где, как правило, используются не автоматизированные расчеты (программирование математических моделей в универсальных математических пакетах типа *MathCad* и *MatLab*).

В научной литературе неоднократно рассматривался высокий потенциал метода имитационного моделирования [7, 12], однако на практике он редко применяется из-за отсутствия подходящих инструментов, позволяющих упростить создание и верификацию моделей [13]. Это определяет малое распространение метода имитационного моделирования, несмотря на целый ряд его несомненных преимуществ. Так, этот метод позволяет использовать произвольные законы распределения отказов и восстановлений, моделировать весь алгоритм функционирования и реконфигураций и тем самым более точно оценивать структурную надежность.

Для реализации метода имитационного моделирования была разработана система АСОНИКА-К-РЭС [14]. Она основана на модели ЭС, описывающей состав, критерии отказов и действия реконфигурации в формате специализированного языка [15]. При этом исходные данные для моделирования – текстовый файл с моделью, а результат – показатели надежности, их временные зависимости. Основным преимуществом системы является то, что модель описывает ЭС «как есть», без необходимости преобразования в некоторый формат структурной схемы надежности. Это позволяет не только заметно повысить точность модели и применять ее при анализе проектных решений, но и эффективно использовать в ходе обучения как специалистов в области надежности, так и инженеров-проектировщиков. Такая модель позволяет не только разъяснить и проиллюстрировать алгоритмы функционирования и реконфигураций сложных систем, но и получить численную оценку их эффективности в виде показателей безотказности.

Структура системы объединяет интерфейсный модуль, обеспечивающий ввод и редактирование формальной модели в текстовом виде, а также ее верификацию (см. рис. 1), с модулями компиляции, верификации, выполнения имитационных экспериментов и обработки результатов. При этом обмен данными между модулями минимален – это текст модели, параметры моделирования и в случае верификации – тестовое воздействие на модель, ее состояние после него и отчет о действиях модели.

Непосредственно для оценки показателей надежности необходимо выполнить большое количество вычислений (имитационных экспериментов), в ходе которых не требуется какого-либо контроля от пользователя. Все это, а также простой интерфейс ввода и верификации модели позволяют легко перенести программу в формат *SaaS* и разделить вычислительную нагрузку от многих пользователей по различным серверам с минимальным использованием каналов связи.

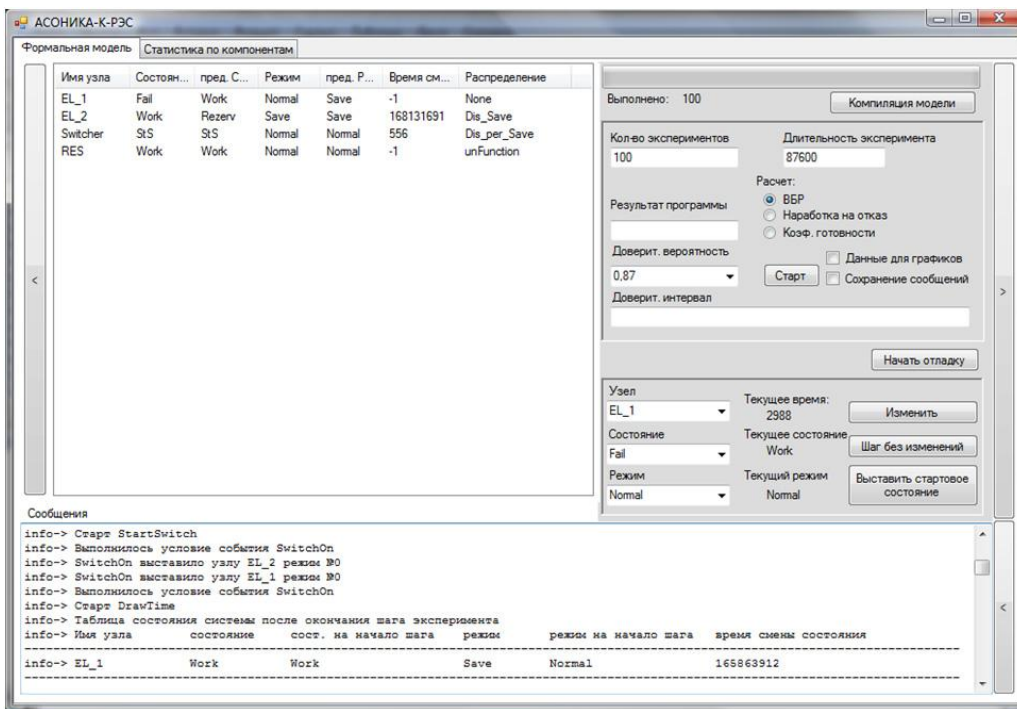


Рис. 1. Система АСОНИКА-К-РЭС: Интерфейс пользователя

В настоящий момент ведутся работы по реализации системы АСОНИКА-К-РЭС в формате *SaaS*, структура которой приведена рис. 2.

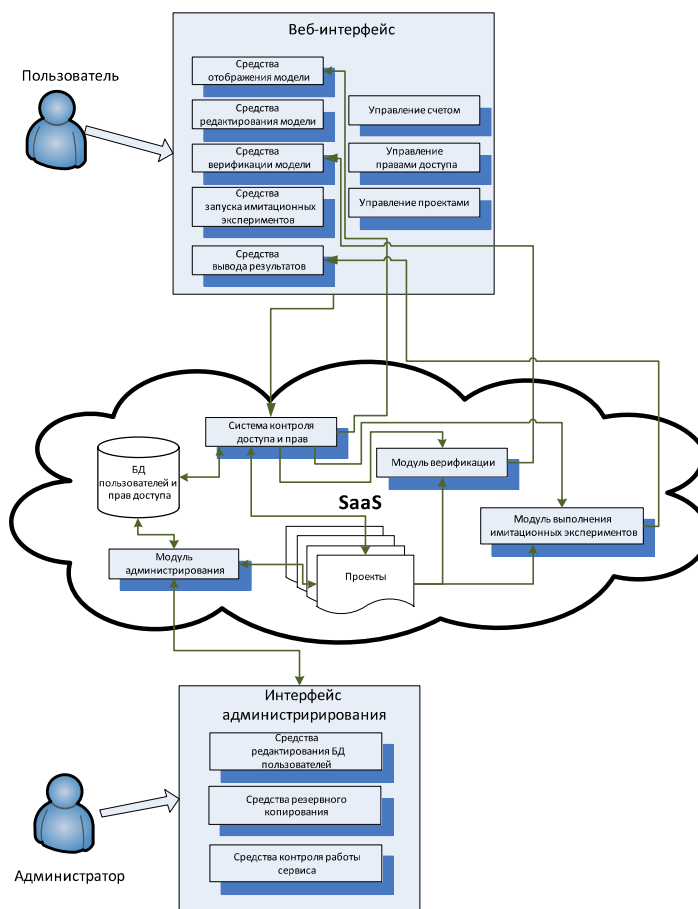


Рис. 2. Структура системы АСОНИКА-К-РЭС в формате *SaaS*

Предполагается, что пользователь будет взаимодействовать с сервисом только через веб-интерфейс. Посредством веб-интерфейса будет проводиться ввод и редактирование модели, а также ее верификация. Кроме непосредственной работы с моделью, веб-интерфейс должен предоставлять контроль условий доступа к сервису и инструменты подачи заявки на продление услуг. Учет прав доступа осуществляет система контроля пользователей, это центральный узел всей системы. Для ее работы используется база данных пользователей и хранилище проектов, из которого выбираются только те, которые принадлежат конкретному пользователю. Разработка системы контроля пользователей является главной задачей, так как она должна обеспечивать основную часть функционирования сервиса и обеспечивать безопасность конфиденциальной информации пользователя.

Остальные модули, проводящие обработку моделей, элементарные действия верификации в виде тестового воздействия и получения его результата, выполняющие имитационные эксперименты и обрабатывающие их результаты, уже реализованы в составе системы АСОНИКА-К-РЭС и необходимо только реализовать передачу исходных данных от пользователя и результатов к пользователю через веб-интерфейс.

Анализ объема информации, необходимого для передачи, и ожидаемого количества пользователей показал, что необходимо реализовывать систему, изначально базирующуюся на одном сервере, который будет выполнять все задачи (взаимодействие с пользователями и проведение расчетов). При такой реализации структуры системы АСОНИКА-К-РЭС схема использования аппаратных средств будет иметь вид, представленный на рис. 3.

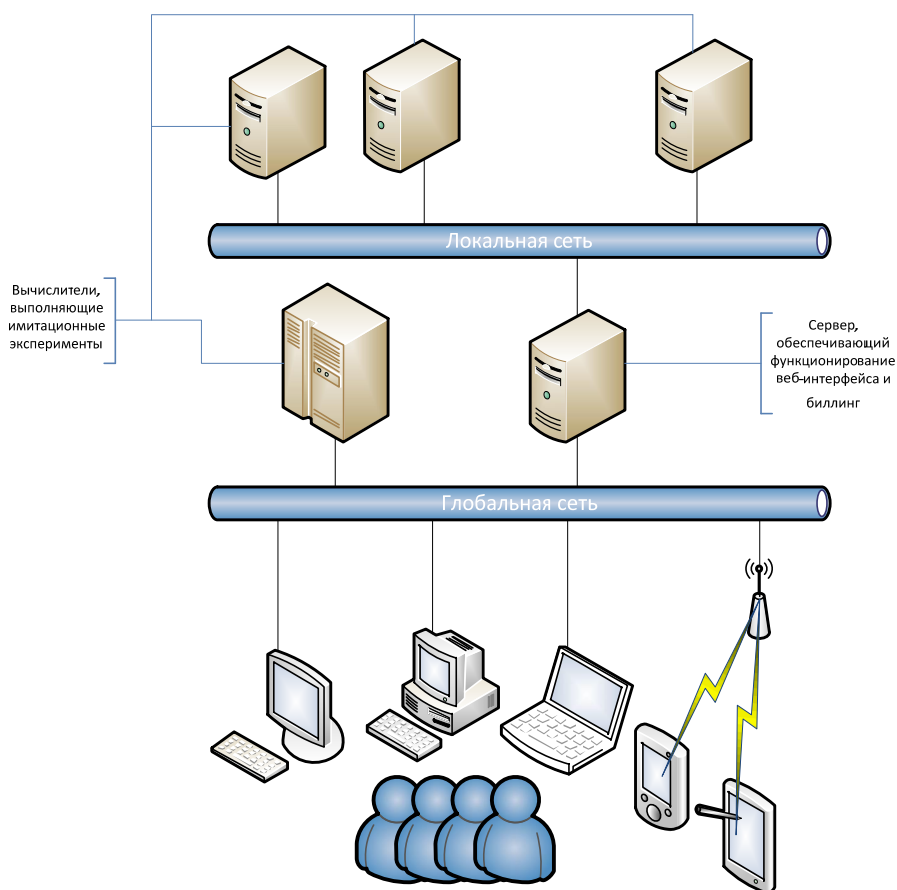


Рис. 3. Схема использования аппаратных средств

В перспективе планируется перенос выполнения имитационных экспериментов на отдельные сервера с целью повысить вычислительную мощность сервиса. Канал связи между серверами может проходить как через локальную, так и через глобальную сеть (в случае аренды серверов). При этом для выполнения остальных задач (взаимодействие с пользователями, управление вычислительными нагрузками) привлечь дополнительные мощности не требуется ввиду относи-

тельно небольшого количества работающих одновременно клиентов и малого объема передаваемой информации.

В итоге такая реализация должна обеспечить несколько весомых конкурентных преимуществ, которые должны сделать решение привлекательным для потребителя и обеспечить спрос на ПО среди вузов и предприятий, разработки которых не являются секретными.

Так, за счет низкой стоимости начала использования различные предприятия, задействованные в одном проекте для работы над разными частями аппаратуры, могут легко использовать один и тот же инструмент оценки надежности и взаимодействовать друг с другом при построении моделей.

Кроме того, облегчается использование метода имитационного моделирования при проектировании ЭС, сложность структуры которых выходит за рамки ограничений традиционных методов ее анализа, а такая ситуация неизбежно возникает у разработчиков бортовой аппаратуры космических аппаратов. Также весомым аргументом именно для системы АСОНИКА-К-РЭС является возможность дистанционной верификации модели [12].

Таким образом, форма *SaaS* в данном случае удачно дополняет функционал системы АСОНИКА-К-РЭС, которая и без нее имеет ряд преимуществ за счет реализации методов имитационного моделирования в форме, пригодной для использования инженерами-разработчиками ЭС.

В заключение отметим, что в сфере, более тесно знакомой с *SaaS* (бизнес-приложения), уже наметилась тенденция к падению интереса к ПО в форме *SaaS*, как таковому. При выборе решения больше ориентируются на функциональность и возможности ПО, чем на форму его реализации.

В сфере проектирования аналогичного бума *SaaS* еще не было, и если он и будет, то вероятно гораздо меньший по объему в силу указанных выше причин. Поэтому текущая концепция проекта, когда в красивую обертку *SaaS* «заворачивается» ПО, изначально имеющее ряд инструментов и возможностей, в которых нуждаются потенциальные потребители, а «обертка» *SaaS* добавляет продукту доступности, выглядит весьма перспективной.

Список литературы

1. Колесников, А. Модель SaaS – в мире и в России / А. Колесников // ВУТЕ Россия : журнал для ИТ-профессионалов. – 2008. – № 10. – С. 38–46.
2. URL: <http://www.cnews.ru/news/top/index.shtml?2009/02/03/336541>
3. Рынок САПР одним из последних уйдет в «облака»? – URL: <http://konstruktor.net/podrobnее-sapr/items/rynok-sapr-odnim-iz-poslednix-ujdet-v-oblaka.html>.
4. Green, R. Облачные технологии в САПР / Robert Green // CAD/cam/cae Observer. – 2010. – № 6. – С. 30–33.
5. What Does That Server Really Serve? – URL: <http://bostonreview.net/BR35.2/stallman.php>
6. Рейтинг SaaS инструментов. Онлайн бухгалтерия на высоте. – URL: <http://www.livebusiness.ru>
7. Половко, А. М. Основы теории надежности / А. М. Половко, С. В. Гуров. – СПб. : БХВ-Петербург, 2006. – 704 с.
8. Строганов, А. В. Обзор программных комплексов по расчету надежности сложных технических систем / А. В. Строганов, В. В. Жаднов, С. Н. Полесский // Компоненты и технологии. – 2007. – № 5 (70). – С. 74–81.
9. Ушаков, И. А. Надежность: прошлое, настоящее, будущее. Обзор / И. А. Ушаков // Методы менеджмента качества. – 2001. – № 6.
10. Информационная технология обеспечения надежности сложных электронных средств военного и специального назначения / В. В. Жаднов, Д. К. Авдеев, В. Н. Кулыгин, С. Н. Полесский, А. Н. Тихменев // Компоненты и технологии. – 2011. – № 6. – С. 168–174.
11. Тихменев, А. Н. Применение имитационного моделирования для исследования надежности электронных средств со сложной структурой / А. Н. Тихменев // Инновационные информационные технологии : материалы Междунар. науч.-практ. конф. / под ред. С. У. Увайсова. – М. : МИЭМ, 2012. – С. 326–331.
12. Юрков, Н. К. Структура и программно-информационное обеспечение информационно-измерительного лабораторного комплекса / Н. К. Юрков, Н. В. Горячев, А. В. Лысенко // Известия Южного федерального университета. Технические науки. – 2012. – Т. 130, № 5. – С. 169–173.

УДК 621.396.6

Жаднов, В. В.

«Облачные» технологии в автоматизации расчетной оценки надежности структурно-сложных электронных средств / В. В. Жаднов, А. Н. Тихменев // Надежность и качество сложных систем. – 2013. – № 3. – С. 41–47.

Жаднов Валерий Владимирович

кандидат технических наук, доцент,
кафедра радиоэлектроники и телекоммуникаций,
Московский институт электроники и математики
Национального исследовательского университета
«Высшая школа экономики»
109028, Россия, г. Москва,
Б. Трехсвятительский пер., 3
(8-495) 916-88-80
E-mail: vzhadnov@hse.ru

Тихменев Александр Николаевич

аспирант,
кафедра радиоэлектроники и телекоммуникаций,
Московский институт электроники и математики
Национального исследовательского университета
«Высшая школа экономики»
109028, Россия, г. Москва,
Б. Трехсвятительский пер., 3
(8-495) 916-88-80

Аннотация. В статье рассматривается возможность создания программного обеспечения для расчетов надежности электронных средств с использованием технологии «облачных» вычислений. Показано, что использование модели *SaaS* наиболее эффективно для программного обеспечения, реализующего методы имитационного моделирования на примере системы АСОНИКА-К-РЭС.

Ключевые слова: электронные средства, надежность, имитационное моделирование, облачные вычисления.

Zhadnov Valeriy Vladimirovich

candidate of technical sciences, associate professor,
sub-department of radio electronic
and telecommunications,
Moscow institute of electronic and mathematic
of National Research University
«High School of Economics»,
109028, 3 Trekhsvyatitel'skiy lane, Moscow, Russia
(8-495) 916-88-80
E-mail: vzhadnov@hse.ru

Tikhmenev Aleksandr Nikolaevich

postgraduate student,
sub-department of radio electronic
and telecommunications,
Moscow institute of electronic and mathematic
of National Research University
«High School of Economics»
109028, 3 Trekhsvyatitel'skiy lane, Moscow, Russia
(8-495) 916-88-80
E-mail: alextikhmenev@gmail.com

Abstract. The article considers the possibility of software creation for calculation of reliability of electronic equipment with the use of technology of cloud computing. It is shown that using the *SaaS* model is the most effective for the software that implements of the simulation methods of the system ASONIKA-K-RES as an example.

Key words: electronic equipment, reliability, simulation method, cloud computing.