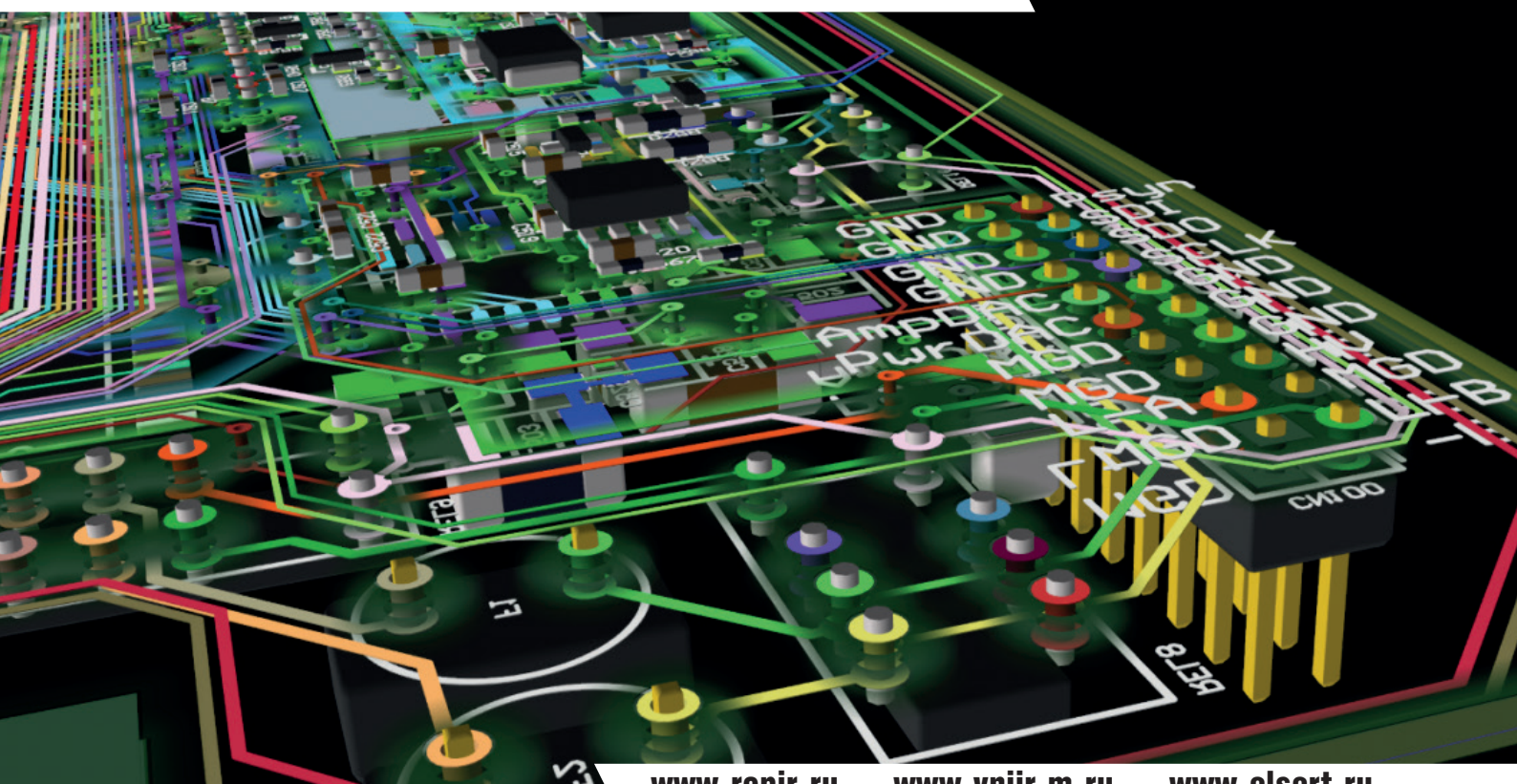


# **3<sup>(15)</sup> | РАДИОЭЛЕКТРОННАЯ ОТРАСЛЬ: 2024 | ПРОБЛЕМЫ И ИХ РЕШЕНИЯ**



[www.ropir.ru](http://www.ropir.ru)

[www.vniir-m.ru](http://www.vniir-m.ru)

[www.elsert.ru](http://www.elsert.ru)

## **НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ**

**ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ  
РАЗРАБОТКА, ПРОИЗВОДСТВО, ИСПЫТАНИЯ  
КАЧЕСТВО И НАДЕЖНОСТЬ  
ИНФОРМАЦИЯ**

Таким образом, для задания показателей безотказности микросхем и полупроводниковых приборов необходимо указывать температуру корпуса изделий, что позволит выполнять испытания по подтверждению требований к надёжности с большей точностью и, в свою очередь, обеспечит надёжность электронных компонентов и систем.

#### Литература

1. ГОСТ Р 57394-2017 «Микросхемы интегральные и приборы полупроводниковые. Методы ускоренных испытаний на безотказность».
2. ГОСТ Р 27.102-2021 «Надёжность в технике. Надёжность объекта. Термины и определения».
3. Перроте, А.И., Карташов, Г.Д., Цветаев, К.Н. Основы ускоренных испытаний радиоэлементов на надёжность [Текст] / Перроте А.И., Карташов Г.Д., Цветаев К.Н. - Москва: Советское радио, 1968 - 224 с.
4. Сыноров, В.Ф., Пивоварова, Р.П., Петров Б.К., Долматов Т.В. Физические основы надёжности интегральных схем [Текст] / Сыноров В.Ф., Пивоварова Р.П., Петров Б.К., Долматов Т.В. - Москва: Советское радио, 1976 - 320 с.

УДК: 621.3

### СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ НАДЕЖНОСТЬЮ НА СТАДИЯХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ЭЛЕКТРОННОЙ КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЫ

#### RELIABILITY MANAGEMENT SYSTEM AT STAGES OF THE LIFE CYCLE OF ELECTRONIC COMPONENT BASE

**Дормидошина Д.А.** АО «ЦКБ «Дейтон», +7 (925) 104-77-96, dormidoshina@deyton.ru  
**Dormidoshina D.A.** «Central Design Office «Deyton», +7 (925) 104-77-96, dormidoshina@deyton.ru

**Аннотация.** Надёжность является комплексным свойством электронной компонентной базы, которое в зависимости от назначения изделия и условий его применения может включать в себя безотказность, долговечность и сохраняемость. Надёжность электронной компонентной базы обеспечивается конструкцией изделия, качеством материалов, технологией изготовления и ее стабильностью, а также системой управления надёжностью. Надёжность электронной компонентной базы определяется результативностью, оперативностью и ресурсоемкостью ее обеспечения. По причинам малосерийности, высокой стоимости и уникальности отдельных образцов электронной компонентной базы, в условиях конкретной окружающей среды и ограниченного объема получаемой информации о случаях несоответствия изделия требованиям надёжности - отказах, дефектах, повреждениях и методах их предупреждения и устранения, возникают проблемы по причине усложнений схем взаимодействия элементов системы управления надёжностью.

**Annotation.** Reliability is a complex property of an electronic component base, which, depending on the purpose of the product and the conditions of its use, may include failure-free operation, durability and storage. The reliability of the electronic component base is ensured by the product design, quality of materials, manufacturing technology and its stability, as well as a reliability management system. The reliability of the electronic component base is determined by the effectiveness, efficiency and resource intensity of its provision. Due to the low-volume nature, high cost and uniqueness of individual samples of the electronic component base, in the conditions of a specific environment and the limited amount of information received about cases of product non-compliance with reliability requirements - failures, defects, damage and methods for their prevention and elimination, problems arise due to complications of interaction schemes elements of the reliability management system.

**Ключевые слова:** электронная компонентная база; система управления надёжностью; надёжность; стадии жизненного цикла изделия.

**Keywords:** electronic component base; reliability management system; reliability; product life cycle stages.

**Научная специальность:** 2.5.22. Управление качеством продукции. Стандартизация. Организация производства.

#### Введение

Надёжность электронной компонентной базы (далее – ЭКБ) определяется результативностью, оперативностью и ресурсоемкостью ее обеспечения. По причинам малосерийности, высокой стоимости и уникальности отдельных образцов ЭКБ, в условиях конкретной окружающей среды и ограниченного объема получаемой информации о случаях несоответствия изделия требованиям надёжности – отказах, дефектах, повреждениях (далее – отказы) и методах их предупреждения и устранения, возникают проблемы по причине усложнений схем взаимодействия элементов системы управления надёжностью (далее – СУН).



Дормидошина Д.А.

Путем устранения этих трудностей является разработка и исследование СУН и решение задач анализа и синтеза на-

дежности ЭКБ (описан в ГОСТ Р 27.015 [1]) в условиях дефицита информации о состоянии ее элементов. Базовым для решения этих задач является экономический фактор, выступающий в качестве значительного ограничителя при оптимизации и повышении показателей надежности [2].

Решение этих задач требует углубленного и классифицированного подхода к проектированию и расчету надежности ЭКБ на основе научно-технических исследований и развития аспектов обеспечения надежности ЭКБ. Современные методы оценки и обеспечения надежности позволяют реализовать их в оптимальные проектные и организационные решения на различных стадиях жизненного цикла ЭКБ.

### Основная часть

Научно-технические исследования и развитие аспектов обеспечения надежности ЭКБ

Особенностью развития аспектов обеспечения надежности ЭКБ является ее актуальность на всех стадиях жизненного цикла изделия – от формирования и обоснования потребности в создании изделия и до принятия решения об утилизации ЭКБ.

Вначале создания ЭКБ определяются и задаются параметры ее надежности. С точки зрения надежности, ЭКБ должна быть определена требованиями к функционированию и заданным условиям эксплуатации. На этом этапе выполняется четкое определение требований в области надежности для изделия с учетом планируемых условий его эксплуатации. Такая работа должна выполняться как на уровне изделия в целом, так и детализироваться до уровня комплектующих его элементов. Конкретизация требований к надежности изделия позволяет определить круг возможных решений и необходимых исследований: на основе исследования информации, поступающей от потенциальных заказчиков и исследования информации о работе аналогичных изделий. Требования к надежности изделия должны быть сопоставимы с требованиями к конструкции изделия и с применяемыми (планируемыми к применению) технологиями изготовления изделия. Сопоставление требований к надежности изделия на предмет непротиворечивости друг другу позволяет минимизировать риски, связанные с не достижением запланированных результатов, такими как ожидания заказчиков, реализуемые функциональные возможности и физические характеристики изделия.

Значительным фактором в обеспечении надёжности является степень новизны разрабатываемого изделия. Отличия изделия от прототипа или отсутствие прототипа (разработка абсолютно нового изделия) определяют содержание аспектов обеспечения надежности.

### Надежность ЭКБ на этапе проектирования

На этапе проектирования изделия закладывается надежность ЭКБ. При проведении необходимых расчетов и моделирования, надежность зависит от обоснованности выбора необходимых параметров, сопротивляемости физическим процессам, используемых материалов, методов

защиты от внешних воздействий, особенностей применения. В ходе разработки изделия анализ и оптимизация показателей его надежности позволят найти компромисс между требованиями к надежности и затратами, необходимыми на их обеспечение. Результатом этих действий является уточнение концепции изделия.

На этапе проектирования должны выявляться ключевые элементы с точки зрения их влияния на уровень надежности изделия. Должны быть сформированы методические документы по сокращению рисков в области надежности, применены приемы унификации, использованы стандартные альтернативы с подтвержденным уровнем надежности. Ключевым инструментом, применяемым на этапе разработки изделия, является анализ видов [3] и последствий отказов, который позволит идентифицировать возможные виды отказов для ЭКБ, а также выполнить качественную оценку возможности возникновения различных режимов возникновения отказов и рисков от их последствий. Это позволит разработать программу корректирующих мероприятий, ориентированных на предупреждение наиболее опасных и проблемных потенциальных отказов.

Выполнение расчетов и прогнозных оценок надежности изделия и моделирование позволят оценить успех разработки, даже если это грубая и предварительная оценка, выполняемая на ранних стадиях проектирования. Расчеты и моделирование могут выполняться как на базе информации об аналогичных ЭКБ, так и путем экспертной оценки. Комплексное применение математического аппарата средств автоматизации расчетов надежности, стандартных библиотек с параметрами надежности комплектующих элементов изделия, методов имитационного моделирования, использование данных изготовителей ЭКБ позволит быстро и точно выполнить множество альтернативных прогнозных расчетов параметров надежности разрабатываемого изделия, учитывающих различные требования и варианты его применения.

Количественную оценку надежности ЭКБ на этапе проектирования необходимо проводить с учетом данных об измерениях и испытаниях элементов, комплектующих изделие для различных условий эксплуатации. Исследования на этом этапе представляют собой ряд итераций, оценивающих результаты измерений и испытаний. После проведенного анализа необходимо выполнить соответствующие изменения в изделии. Проведение анализов повторяется до получения заданных значений. При этом используются:

- анализ результатов ускоренного испытания образцов ЭКБ с целью выявления возможных отказов, изучения их природы, уточнения оценки их интенсивности;
- анализ видов, последствий и критичности отказов, выполняемый для количественного анализа отказов, а также позволяющий разрабатывать программу испытания изделия, ориентированную на выявление проблемных зон или режимов возникновения отказов. Результаты анализа иници-



ируют конструкторские изменения, улучшающие изделие;

- анализ деревьев отказа, выполняемый по результатам анализа видов, последствий и критичности отказов и позволяющий отработать комбинации событий, которые приводят к возникновению отказов;
- анализ отказов по RBD (Reliability block diagram methods), используемый для моделирования и расчета надежности изделия путем оптимизации параметров резервирования его комплектующих элементов. При этом определяются слабые места изделия, находятся оптимальные схемы функционирования элементов, сравниваются возможные решения для изделия в целом, обеспечивающие требуемый уровень его надежности, производится расчет показателей надежности.

Анализ надежности на этапе проектирования ЭКБ должен продолжаться до тех пор, пока не появится результат, признаваемый приемлемым. Подтверждением положительных результатов анализа надежности при разработке изделия является успешное выполнение серии испытаний, выполняемых на опытном образце.

#### **Надежность ЭКБ на этапе изготовления**

При изготовлении ЭКБ обеспечиваются заложенные показатели надежности. На этом этапе надежность зависит от качества элементов, комплектующих изделие и материалов, технологий изготовления, методов контроля выпускаемой продукции, методов управления технологическими процессами изготовления, качества сборки, выполнения в полном объеме измерений и испытаний изделий по параметрам надежности и от других производственных факторов.

Исследования надежности изделия на стадии изготовления решают следующие основные задачи:

- изучение влияния на надежность изделия производственных процессов. Производится сокращение, устранение и предотвращение проблем, влияющих на надежность и связанных с естественными вариациями производственного процесса, такими как различие используемых материалов, различие процессов на разных производственных площадках, влияние человеческого фактора, разные уровни чистоты производственных площадок;
- изучение надежности элементов, комплектующих изделие и работа с поставщиками.

На базе поступающих эксплуатационных данных по надежности ЭКБ процессы изготовления изделий должны постоянно совершенствоваться с учетом вновь открывающихся факторов. Оперативность принятия решений о разработке и внедрении конструкторских и технологических изменений должна быть максимальной. Выбираемые решения должны основываться на уже проработанных и подтвердивших свою эффективность возможностях, позволяющих вносить минимальные изменения в общий производственный процесс.

#### **Надежность ЭКБ на этапе эксплуатации**

При применении и эксплуатации ЭКБ реализуется определенная, заложенная и обеспеченная надежность. Такие ее свойства, как наработка до отказа и долговечность проявляются только на этапах применения и эксплуатации и зависят от принятых способов обеспечения надежности, ремонта и модернизации радиоэлектронной аппаратуры (далее – РЭА), условий и режимов работы и других эксплуатационных факторов.

В процессе эксплуатации ЭКБ, под влиянием большого числа факторов, происходят изменения свойств, определяющих надежность изделий. Научно-технические исследования позволяют получить закономерности этих изменений и разработать методы получения необходимого ресурса и безотказности работы изделия при минимальных трудовых и материальных затратах в развитие аспектов обеспечения надежности ЭКБ.

На этапе эксплуатации ЭКБ основной задачей изготовителя является сокращение числа отказов, возникающих у потребителя. Появление отказов практически неизбежно по причине высокой сложности ЭКБ, а также относительно сжатых сроков разработки и вывода изделий в серию. Реальным способом сокращения количества отказов является организация постоянного мониторинга и анализа эксплуатационных данных, подкрепляемых выстраиванием эффективного процесса выработки и внедрения корректирующих действий, позволяющих не просто отработать возникающие отказы, но и определить причину их возникновения и выработать меры по предупреждению их повторного появления.

Признанной методологией, предназначенной для решения этой задачи, является FRACAS (Failure Reporting, Analysis and Corrective Action Systems – система отчетности, анализа и выработки корректирующих действий по отказам), описанная в ГОСТ Р 51901.5 [4]. Автоматизированные решения, реализующие методологию FRACAS, позволяют собирать и обрабатывать исходные данные по эксплуатационным отказам, выполнять комплексный анализ, ориентированный на выявление успешных способов устранения отказов, а также обеспечивают повторное использование накопленных знаний не только на текущем этапе изготовления изделий, но и на всех этапах разработки и эксплуатации изделий.

В решении задач сокращения объема отказов особое место занимает выявление негативных отклонений в производственных процессах, которые должны решаться способами мониторинга и контроля, совместно специалистами по надежности и производственными технологами для определения граничных условий, обеспечивающих выпуск изделий с высокими характеристиками надежности. Для решения таких задач необходимо использовать метод статистического контроля процессов (SPC – Statistical Process Control), описанный в ГОСТ Р ИСО 11462-1 [5].

Для выполнения задач обеспечения надежности необходимо использовать системы автоматизированной обработки данных, соответствующие следующим критериям [6]:

- максимальная функциональная насыщенность, позволяющая удовлетворить не только текущие, но и перспективные задачи специалистов, участвующих в разработке и улучшении изделий, а также в их изготовлении и эксплуатации;
- наличие встроенных возможностей методической поддержки, такой как расчетные методы и расширяемые библиотеки комплектующих элементов;
- интеграция с системами информационной поддержки жизненного цикла изделий – PLM (Product Lifecycle Management system).

Результатами внедрения систем автоматизированной обработки данных для обеспечения надежности ЭКБ являются повышение оперативности и достоверности информации на этапах решения следующих задач:

- определение оптимального срока службы и ожидаемых затрат на его обеспечение;
- определение сроков и методов обслуживания изделий в составе РЭА;
- оптимизация требований, состава и потребностей в поставке материалов и комплектующих элементов, для сокращения объемов хранимых запасов, и повышение точности производственного планирования;
- улучшение программ разработки и производства изделий на базе внедрения инструментов систематического анализа типов и причин возникновения отказов;
- снижение затрат, связанных с устранением последствий отказов, за счет улучшения возможностей их прогнозирования и ранней подготовки к ним;
- проектирование, основанное на надежности, с использованием базы знаний, позволяющее уже на ранних стадиях разработки выбирать решения, наиболее оптимальные с точки зрения соотношения «достижимая надежность/необходимые затраты»;
- расширение возможностей по изучению и детализированному анализу возможных видов отказов, в том числе зависимых, скрытых, конструктивных, производственных, эксплуатационных и деградационных;
- расширение возможностей по моделированию состава элементов в изделии под заданную надежность с учетом их резервирования;
- сокращение и устранение отказных ситуаций начальных периодов эксплуатации новых изделий для повышения степени удовлетворенности потребителей и как следствие имиджа изготовителя;
- оптимизация значений проектных параметров надежности за счет возможности выбора оптимальных конструкций с другими характеристиками;
- переход на проектирование изделий с заданным уровнем надежности под заданный уровень стоимости жизненного цикла.

### Заключение

Надёжность ЭКБ непосредственным образом связана со всеми стадиями жизненного цикла. Для решения задач обеспечения надежности используются различные направления научно-технических исследований и развития аспектов обеспечения надежности ЭКБ существенно отличающиеся ее от другой продукции. Эти отличия в:

- закономерности изменения начальных параметров ЭКБ;
- закономерности изменения количества отказов во времени;
- прогнозировании уровня работоспособности ЭКБ при сохранении ее параметров, осуществляемое в зависимости от реальных условий эксплуатации;
- существенных временных и материальных затратах на поиск причин отказов.

Для достижения показателей надежности необходимо знать причины отказов, их возникновения и проявления, закономерности изменения технического состояния изделия, а также влияние, которое оказывают внешние факторы на его работоспособность. В качестве таких причин могут быть нарушение норм: разработки; изготовления; применения и эксплуатации. Выявление неблагоприятных воздействий случайных внешних факторов, случайных физических процессов воздействия на изделие, установление зависимостей параметров изделия от режимов его работы, факторов внешней среды позволяют управлять надежностью, снижать интенсивность отказов.

Обеспечение необходимых показателей надежности ЭКБ должны базироваться на достоверной информации о: ее отказах; фактических ресурсах; методах и результатах измерения, испытания, входного контроля; факторах, влияющих на эти показатели в реальных условиях эксплуатации.

Для получения достоверных результатов должны быть рассмотрены все возможные воздействия на изделие со стороны: внешних условий, технических средств, программного обеспечения, человеческого фактора; организационных действий.

Развивая аспекты обеспечения надежности ЭКБ позволяет техническая диагностика РЭА. Она обосновывает методы и средства периодической проверки надежности и работоспособности ЭКБ в составе РЭА, также позволяет оценивать соответствие параметров технического состояния их нормативным значениям и выявлять потребность в выполнении необходимых операций технического обслуживания и ремонта РЭА. Диагностика является более качественной формой обеспечения надежности ЭКБ на стадии эксплуатации, так как позволяет определять техническое состояние РЭА без ее разборки и прогнозировать запас исправной работы как в целом РЭА, так и ЭКБ в ее составе.

Наиболее объективную и исчерпывающую информацию при проведении научно-технических исследований и развитии аспектов обеспечения надежности ЭКБ дают результаты сбора и анализа информации, позволяющие оценить уровень фактической надежности изделия, выявить слабые места в технологиях проектирования, изготовле-

ния, нормах применения и эксплуатации, разработать конкретные мероприятия по обеспечению надежности ЭКБ [7]. Время сбора и анализа информации о надежности ЭКБ должно быть оптимальным и достаточным, а результаты исследований строго выверяться и обосновываться, прежде чем они будут использованы.

Научно-технические исследования и развитие аспектов обеспечения надежности ЭКБ выполняют организации, независимо от ведомственной принадлежности и формы собственности, осуществляющие деятельность на стадиях жизненного цикла изделия: заказывающие, проектирующие, разрабатывающие, изготавливающие, испытывающие, исследующие, поставляющие, транспортирующие, применяющие, обслуживающие, ремонтирующие или утилизирующие изделие.

Результаты научно-технических исследований и развития аспектов обеспечения надежности ЭКБ подлежат публикации для использования предприятиями в изданиях, информационных бюллетенях и других информационных документах. Сбор результатов научно-технических исследований и развития аспектов обеспечения надежности ЭКБ должен проводиться специализированной организацией в области обеспечения надежности ЭКБ систематически, а также обобщаться, анализироваться и доводиться до предприятий.

#### Литература

1. ГОСТ Р 27.015-2019 (МЭК 60300-3-15:2019) «Надежность в технике. Управление надежностью. Руководство по проектированию надежности систем».
2. Качество и надежность электронной компонентной базы ЭВМ специального назначения: учебное пособие // Иевлев, В.И. Филиппов Г.А. – Екатеринбург: УрФУ, 2013. – 102 с.
3. ГОСТ Р 27.303-2021 «Надежность в технике. Анализ видов и последствий отказов».
4. ГОСТ Р 51901.5-2005 (МЭК 60300-3-1:2003) «Менеджмент риска. Руководство по применению методов анализа надежности».
5. ГОСТ Р ИСО 11462-1-2007 «Статистические методы. Руководство по внедрению статистического управления процессами. Часть 1. Элементы».
6. Слагаемые надежности - [Электронный ресурс]: URL: <https://www.osp.ru/cio/2014/04/13040802> (дата обращения: 28.07.2024).
7. Информационное обеспечение программ обеспечения надежности – [Электронный ресурс]: URL: <https://poznayka.org/s61633t1.html> (дата обращения: 01.08.2024).