

УДК 658.58:62.192

ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ ПО ПОВЫШЕНИЮ НАДЕЖНОСТИ ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

А. В. Губарев, к.т.н., доцент кафедры ИИБМТ РГРТУ, Рязань, Россия;
orcid.org/0000-0002-6677-192X, e-mail: gubarev.a.v@rsreu.ru

С. В. Губарева, старший преподаватель кафедры ИИБМТ РГРТУ, Рязань, Россия;
orcid.org/0000-0003-2478-093X, e-mail: volkovasvetlan@yandex.ru

А. Н. Савичева, к.э.н., доцент института экономики и менеджмента ЯГТУ, Ярославль, Россия
orcid.org/0000-0001-8969-734X, e-mail: savichevaan@ystu.ru

Рассматривается комплексный подход к организации работ по повышению надежности сложных технических систем. Целью работы является разработка алгоритма организации работ по повышению надежности технической системы. Особое внимание в исследовании уделяется фундаментальной роли систематизированного сбора, обработки и анализа первичной информации об отказах и неисправностях в течение гарантийного срока. Детально рассматриваются источники этой информации, а также предъявляемые к ней требования. Подчеркивается, что именно эта аналитическая база служит основой для выявления слабых мест конструкции, лимитирующих элементов и глубинных причин снижения надежности. В качестве практического инструментария в статье предлагается детализированный алгоритм организации работ по повышению надежности. Для эффективной реализации процесса повышения надежности технической системы предложена схема взаимодействия между подразделениями предприятия, в центре которой находится группа надежности, координирующая усилия всех участников.

Ключевые слова: надежность технической системы, алгоритм повышения надежности, схема взаимодействия, качество продукции, отказ технической системы, карта рабочих режимов, программа обеспечения надежности, конструкторская документация.

DOI: 10.21667/1995-4565-2026-95-236-244

Введение

Надежность – одно из свойств качества продукции, которое является наиболее важным эксплуатационным свойством сложных технических изделий [1].

ГОСТ 27.002-2015 определяет надежность как свойство объекта сохранять во времени способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования [2].

Количественная оценка надежности объекта осуществляется с помощью системы вероятностных показателей. Ключевым из них является вероятность безотказной работы $P(t)$ – вероятность того, что в пределах заданной наработки t отказ объекта не возникнет.

Проблема обеспечения надежности связана со всеми этапами производства сложных технических изделий и всем периодом их эксплуатации. На каждом этапе жизненного цикла изделий должны разрабатываться и внедряться соответствующие мероприятия по обеспечению (повышению) надежности. Комплекс таких мероприятий, как правило, оформляется в виде программы обеспечения (повышения) надежности конкретного изделия [1, 3].

Ужесточение требований потребителя к качеству изделий требует, в том числе, существенного повышения надежности, что может быть достигнуто посредством определения конкретных целей повышения надежности, определения, планирования и выполнения мероприятий по повышению надежности, подтверждения достигнутой надежности изделий.

Эволюция подходов к организации работ по повышению надежности технических систем демонстрирует последовательный переход от реактивных методов к проактивным и

комплексным [4]. В практике отечественных предприятий можно выделить несколько устоявшихся подходов, каждый из которых обладает определенными недостатками.

1. Экспериментально-статистический подход основывается на сборе и анализе данных об отказах, полученных в ходе эксплуатации или специальных испытаний. Мероприятия по повышению надежности иницируются после выявления «слабых мест» [5, 8]. Главный недостаток этого подхода – его «запаздывающий» характер, что приводит к высоким затратам на устранение дефектов в уже выпущенных изделиях. Кроме того, он требует длительного времени для набора репрезентативной статистики и не позволяет прогнозировать надежность на этапе проектирования.

2. Нормативно-расчетный подход предполагает строгое соблюдение требований стандартов (например, ГОСТ 27.001-2015) и использование расчетных методов на основе справочных данных по интенсивностям отказов элементов. Хотя этот подход и закладывает дисциплину на этапе проектирования, он часто критикуется за усредненность и консерватизм данных, которые не учитывают специфику конкретных режимов работы и технологий производства [6]. Это может приводить к неоптимальным решениям, когда формальное выполнение нормативов превалирует над глубоким поиском причин потенциальных отказов.

3. Системно-проектный подход является более совершенным и рассматривает надежность как свойство, целенаправленно формируемое на всех этапах жизненного цикла изделия – от проектирования до эксплуатации. Он включает прогнозирование, системный анализ рисков (например, FMEA), планирование испытаний и управление процессами. Однако его реализация сопряжена с высокой трудоемкостью и стоимостью, требует безупречной координации усилий различных подразделений [1, 4].

Предлагаемый в данной статье подход является развитием системно-проектного. Его ключевым отличием и ответом на недостатки существующих подходов является создание централизованной, постоянно действующей аналитической системы, основанной на систематизированном сборе и обработке первичных данных об отказах в течение гарантийного срока. Это позволяет сочетать достоинства экспериментально-статистического подхода (опирающегося на реальные данные) с проактивностью системного, трансформируя разрозненные мероприятия в управляемый, воспроизводимый и непрерывный процесс, координируемый специализированной структурной единицей – группой надежности.

Теоретическая часть

Оценку соответствия изделий технических систем заданным требованиям к надежности предприятия осуществляют на всех стадиях жизненного цикла: при разработке, производстве и эксплуатации.

Методы и сроки проведения такой оценки для изделий конкретного типа могут быть установлены в техническом задании на разработку и в технических условиях на изготовление серийных изделий.

Соответствие вновь разрабатываемых изделий требованиям к надежности по каждому нормированному показателю оценивают на всех этапах стадии разработки. Параллельно с разработкой КД выполняется прогнозный расчет надежности изделия и его составных частей (блоков, модулей) на основе математических моделей и баз данных по надежности компонентной базы. Представительство заказчика (при необходимости) осуществляет контроль и согласование как разрабатываемой КД, так и результатов теоретических расчетов надежности.

На этапе производства отдел технического контроля осуществляет контроль качества на всех этапах производства, включая входной контроль комплектующих с целью обеспечения качества технической системы и снижения вероятности ее отказа из-за отклонения параметров производственных процессов и несоответствующих комплектующих. Собранное изделие проходит приемосдаточные испытания для проверки соответствия его параметров и характеристик требованиям КД. Контроль осуществляет ОТК с последующим предъявлением заказчику (при необходимости).

Выборочные образцы изделий подвергаются периодическим испытаниям (ПИ) и в случае выявления отказа разработчик проводит углубленный анализ, выявляет причину отказа и конкретный отказавший элемент. В таких случаях по результатам ПИ и анализа отказов в конструкторскую документацию вносятся изменения для устранения выявленных недостатков и обеспечения надежности.

Для технических систем, относящихся к изделиям военной техники, проводят испытания в реальных условиях эксплуатации на полигоне. Полученные эксплуатационные данные используются для окончательной доводки и корректировки КД, чтобы обеспечить надежность в реальных условиях.

Изложенный алгоритм действий отечественные предприятия используют для решения задачи обеспечения соответствия фактических показателей качества (в том числе и показателей надежности) разрабатываемых технических систем заложенным в техническом задании.

С течением времени многие предприятия сталкиваются с задачей повышения качества (в том числе и надежности) производимой технической системы с целью повышения ее конкурентоспособности и удовлетворенности заказчика.

Применение приведенных выше этапов, используемых для обеспечения надежности, недостаточно для проведения работ по повышению надежности изделий, находящихся в эксплуатации, и последующей их модернизации. Для решения этой задачи требуется комплексный подход, включающий в себя в том числе процесс сбора, обработки и анализа информации о надежности продукции в период гарантийного срока, а также выполнение других работ, обеспечивающих соответствие изделия заданным требованиям в разрабатываемой программе обеспечения надежности [7, 9].

Для начала работ по повышению надежности необходимо решение высшего руководства, которое оформляется приказом руководителя организации, содержащим основные направления работ по повышению надежности конкретного изделия, ответственных исполнителей и сроки. Приказ руководителя организации доводится до сведения всех исполнителей.

Деятельность по повышению надежности изделий можно представить в виде алгоритма (рисунок 1).

Изучение конструкции изделия осуществляется группой надежности совместно с конструкторским отделом. Для изучения используются действующая конструкторская документация и технические условия на изделие.

Требования к надежности исследуемого изделия определяются по показателям, установленным в ТУ на изделие.

По установленным требованиям проводятся расчет и оценка показателей надежности для существующей конструкции.

Параллельно с этими работами проводится этап, отсутствующий при разработке новых технических систем: сбор, обработка и анализ информации об отказах изделия за предыдущие периоды, и выявляются причины отказов. Данный этап во многом способствует выявлению направлений работ по повышению надежности технической системы.

Сбор и обработка информации о надежности проводятся с целью:

- оценки надежности серийных изделий по результатам их эксплуатации;
- систематического повышения надежности серийно изготавливаемых изделий;
- повышения эффективности технического обслуживания и ремонта изделий.

Задачами сбора и обработки информации о надежности являются:

- оценка соответствия достигнутой надежности установленным требованиям;
- выявление причин и факторов, снижающих надежность продукции;
- разработка и внедрение эффективных мер по устранению и предупреждению причин, вызывающих отказы.

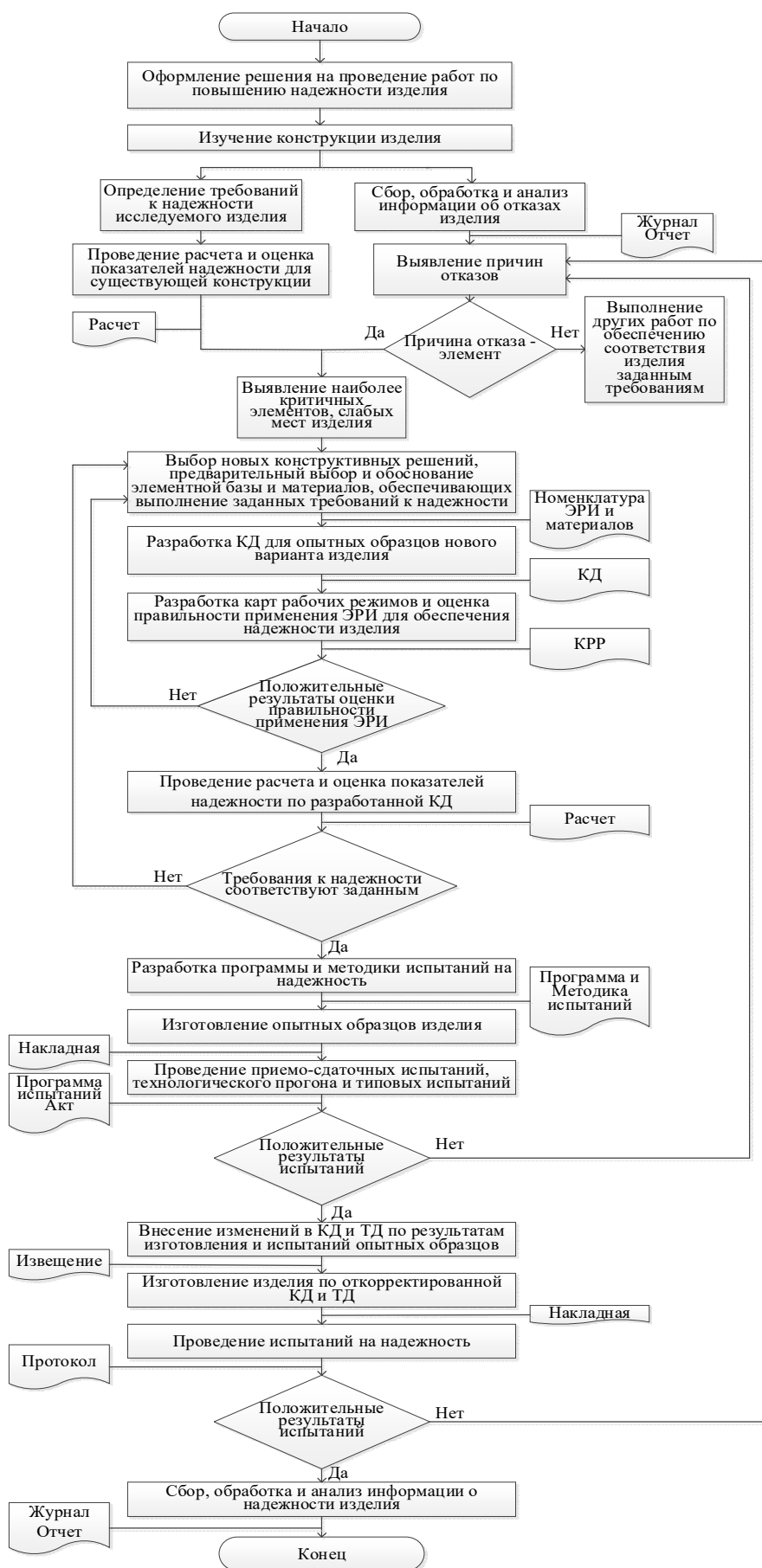


Рисунок 1 – Алгоритм организации работ по повышению надежности технических систем
 Figure 1 – Algorithm for organizing work to improve the reliability of technical systems

Для достижения указанных целей и задач должна быть проведена следующая работа:

- сбор первичной информации о надежности технической системы;
- обработка первичной информации;
- обеспечение данными о надежности технической системы подразделений организации [ведущие отделы конструкторского бюро, отдел главного технолога, цеха-изготовителя, представительство заказчика (при необходимости)] и организаций-разработчиков.

Источником первичной информации по надежности являются:

- рекламационные акты, сообщения о неисправностях;
- отчеты представителей бюро гарантийного обслуживания о проделанной работе;
- акты исследования рекламированной технической системы;
- протоколы испытаний;
- протоколы исследований отказавшей продукции при испытаниях;
- протоколы заседаний постоянно действующей комиссии по качеству;
- предупреждения по отказам технической системы, выявленным при испытаниях;
- акты исследования рекламированных комплектующих изделий.

Информация об отказах (неисправностях) технической системы должна удовлетворять следующим требованиям полноты и достоверности данных, а также своевременности, регулярности и непрерывности получения данных [10].

Полнота данных включает все необходимые сведения о технической системе:

- заводской номер;
- дату изготовления;
- дату обнаружения неисправности;
- наименование вида работы и этапа эксплуатации, при котором обнаружена неисправность;
- данные о наработке изделий от начала эксплуатации до момента обнаружения неисправности;
- характеристику внешнего проявления неисправности и причину неисправности;
- время восстановления;
- должности и фамилии лиц, составивших сообщение и ответственных за его достоверность.

Достоверность информации гарантируется подписями должностных лиц, ответственных за достоверность сообщения. Своевременность и регулярность получения информации должны обеспечиваться выполнением сроков, установленных в нормативно-технической документации организации.

Вся поступающая информация о качестве и надежности технической системы должна регистрироваться в службе качества или ее аналоге и подвергаться первичной обработке.

В процессе обработки первичных сообщений осуществляется:

- классификация отказов по их видам и причинам;
- выявление составных частей и комплектующих элементов, отказы которых лимитируют надежность технической системы;
- выявление случаев нарушения требований инструкций по эксплуатации;
- разработка рекомендаций и требований по проведению мероприятий для выявления и устранения конструктивных и производственных отказов, снижающих надежность технической системы;
- оценка соответствия надежности заданным требованиям.

Результаты обработки информации о надежности технической системы оформляются в виде ежемесячных и ежеквартальных справок-отчетов. Справки-отчеты о надежности технической системы содержат распределение отказов по видам и причинам их возникновения и принятые меры по предотвращению их повторяемости.

Полученные на данном этапе данные о надежности являются основой для принятия решений о начале работ по повышению надежности технической системы. Повышение надеж-

ности представляет собой сложный трудоемкий процесс, требующий тщательной проработки требований к надежности технической системы и ее конструкции.

Если отказ изделия произошел по причине отказа элемента (элементов), то по результатам расчета и оценки показателей надежности и по результатам определения причин отказов выявляют наиболее критичные элементы, слабые места изделия.

Для решения этой задачи предлагается комплекс следующих мероприятий по повышению надежности технической системы:

- выбор новых конструктивных решений, предварительный выбор и обоснование элементной базы и материалов;
- разработка КД для опытных образцов нового варианта изделия по результатам выбора номенклатуры ЭРИ;
- разработка карт рабочих режимов и оценка правильности применения ЭРИ для обеспечения надежности технической системы;
- проведение расчета и оценка показателей надежности для вновь разработанной КД;
- разработка программы и методики испытаний на надежность;
- изготовление опытных образцов изделия по вновь разработанной КД;
- проведение приемосдаточных испытаний, технологического прогона и типовых испытаний.

Если по результатам расчета показателей надежности и оценки правильности применения ЭРИ техническая система не соответствует заданным требованиям к надежности, необходим повторный выбор конструктивных решений и элементной базы.

Если по результатам приемосдаточных испытаний, технологического прогона, типовых испытаний выявлено несоответствие изделия установленным требованиям, необходим повторный анализ причин отказов.

При положительных результатах приемосдаточных испытаний, технологического прогона и типовых испытаний, вносятся соответствующие изменения в конструкторскую и технологическую документацию. По откорректированной конструкторской и технологической документации осуществляются запуск в производство и производство изделий.

В процессе производства технической системы проводят испытания на надежность изделия. Периодичность проведения испытаний устанавливается в технических условиях.

При отрицательных результатах испытаний на надежность проводят выявление причин отказов и разработку мероприятий по исключению отказов.

Для оценки соответствия надежности изделия заданным требованиям группой надежности осуществляется сбор, обработка и анализ информации о надежности изделия, формируется отчетность.

Для реализации предложенного алгоритма предлагается взаимодействие между исполнителями в части работ по повышению надежности осуществлять по схеме, представленной на рисунке 2.

На данной схеме показаны существенные линии взаимодействия группы надежности с другими подразделениями организации, прямо или косвенно связанными с работами по повышению надежности изделий. Схема взаимодействий и функций позволяет четко увидеть необходимость поддержания группой надежности тесной связи с персоналом, заинтересованном в информации об отказах, и с лицами, ответственными за устранение слабых мест изделия.

Предлагаемая методика апробировалась на элементах системы пожарной сигнализации. В рамках апробации был осуществлен сбор информации об отказах изделия за 10 лет, АВПКО-анализ с последующим выявлением наименее надежных и наиболее критичных по отказам элементов. Для дальнейшего проведения работ была разработана программа обеспечения надежности на стадии модернизации. В соответствии с ней проводилась работа по проверке правильности применения ЭРИ, которая является составной частью мероприятий, проводимых по повышению надежности.

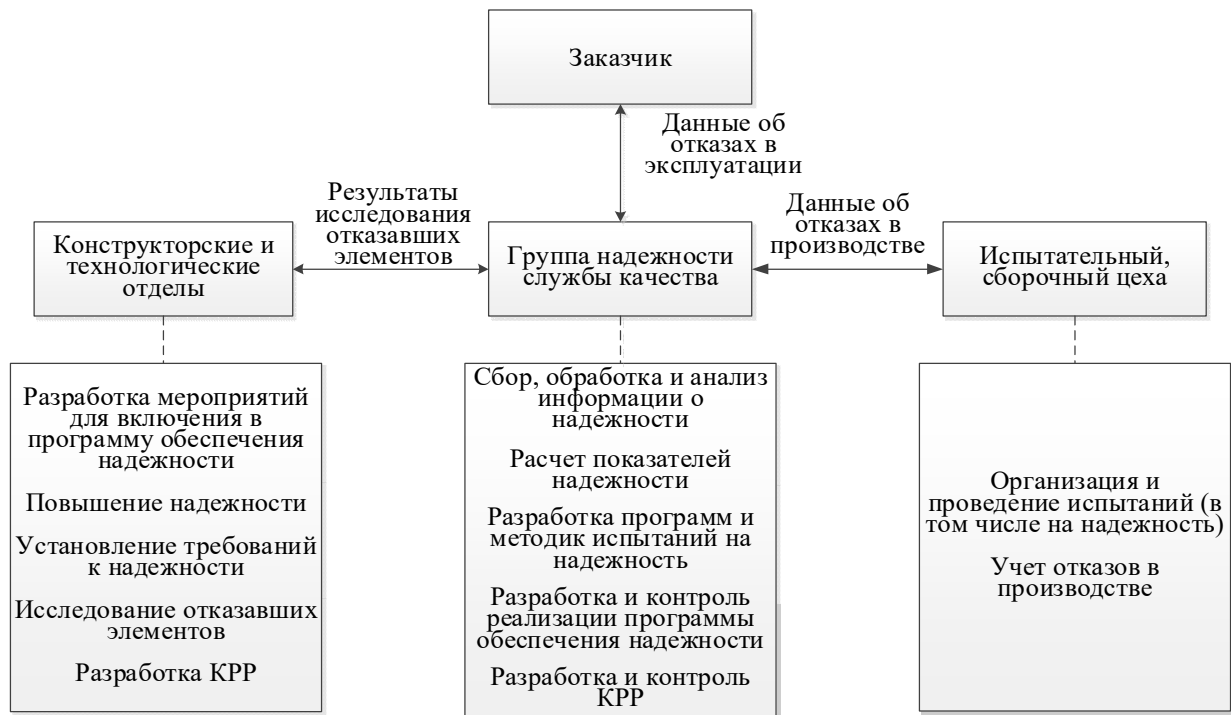


Рисунок 2 – Схема взаимодействий и функций
Figure 2 – Interaction and function diagram

Под оценкой правильности применения ЭРИ понимается:

- оценка перспективности выбранной элементной базы;
- оценка соответствия условий работы ЭРИ в аппаратуре (в том числе по внешним воздействующим факторам, включая специальные факторы, по времени готовности, ресурсу и сохраняемости) требованиям;
- оценка электрических и температурных режимов работы ЭРИ;
- проверка выполнения требований НТД на ЭРИ по монтажу (применению) при изготовлении аппаратуры;
- оценка исходных данных, принятых при расчете надежности аппаратуры.

Правильность применения ЭРИ в аппаратуре отражалась в картах оценки правильности применения изделий.

Проведенные работы по алгоритму, представленному на рисунке 1 позволили обеспечить повышение средней наработки до отказа на 1200 часов, что составляет 6 % и снизить себестоимость изделий на 5 %

Заключение

Повышение надежности технических систем представляет собой сложный, многогранный и непрерывный процесс, успех которого зависит от системного подхода и грамотной организации. Как показано в статье, фундаментом для начала работ является достоверная и полная информация об отказах, собираемая и анализируемая на постоянной основе. Это позволяет не только оценить текущий уровень надежности, но и выявить критические элементы и глубинные причины неисправностей.

Разработанный и представленный в статье алгоритм работ обеспечивает структурированный и воспроизводимый путь от идентификации проблемы до ее решения и внедрения изменений в производство. Он включает в себя все необходимые этапы: от изучения конструкции и расчета показателей до испытаний опытных образцов и корректировки документации. Важным условием эффективности этого процесса является формальное решение высшего руководства, которое задает направление и выделяет необходимые ресурсы.

Таким образом, реализация изложенного в статье системного подхода позволяет перейти от реагирования на уже произошедшие отказы к проактивному управлению надежностью, что в конечном итоге приводит к созданию конкурентоспособной, высоконадежной продукции, отвечающей растущим требованиям потребителей.

Библиографический список

1. **Смоляров Н.А.** Надежность восстанавливаемой системы со смешанным по нагрузке резервом // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. 2022. № 80. С. 181-188.
2. **ГОСТ 27.002-2015.** Надежность в технике. Термины и определения. – Введ. 2016-07-01. – М.: Стандартиформ, 2015. – 27 с.
3. **ГОСТ Р 27.001-2009.** Надежность в технике. Система управления надежностью. Основные положения. Введ. 2010-01-01. М.: Стандартиформ, 2009. 23 с.
4. **Рябинин И.А.** Надежность и безопасность структурно-сложных систем / И. А. Рябинин. – СПб.: Политехника, 1999. 248 с.
5. **Половко А.М.** Основы теории надежности / А.М. Половко, С.В. Гуров. – 2-е изд., перераб. и доп. – СПб.: БХВ-Петербург, 2006. 704 с.
6. **Маликов И.М.** Надежность и эффективность в технике: Справочник в 10 т. Т. 1. Методологические основы теории надежности и эффективности / И. М. Маликов, В. И. Ключев, А. В. Ермаков. – М.: Машиностроение, 1994. 316 с.
7. **Гуляева К.А., Артемьева И.Л.** Инструментарий для проектирования систем понятий и баз знаний предметных областей с объектами сложной структуры // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. 2024. № 87. С. 62-77.
8. **Рулев А.В., Валуева Т.В.** Анализ факторов, влияющих на надежность технологической системы // Интернаука. 2023. № 13-3. С. 59-63.
9. **Пылькин А.Н., Тишкина В.В.** Информационная система формирования управленческих решений по улучшению текущего состояния объекта управления // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. 2025. № 91. С. 76-86.
10. **Чиганова Н.М.** Проверка статистических гипотез при проведении испытаний на надежность // Научно-технический вестник Поволжья. 2022. № 12. С. 193-195.

UDC 658.58:62.192

ORGANIZATION OF WORKS TO IMPROVE TECHNICAL SYSTEM RELIABILITY

A. V. Gubarev, PhD (in technical sciences), associate professor, RSREU, Ryazan, Russia;

orcid.org/0000-0002-6677-192X, e-mail: gubarev.a.v@rsreu.ru

S. V. Gubareva, lecturer of RSREU, Ryazan, Russia;

orcid.org/0000-0003-2478-093X, e-mail: volkovasvetlan@yandex.ru

A. N. Savicheva, PhD in economics, associate professor, YSTU, Yaroslavl, Russia

orcid.org/0000-0001-8969-734X, e-mail: savichevaan@ystu.ru

*An integrated approach to the organization of work to improve the reliability of complex technical systems is considered. **The aim of the work** is to develop an algorithm for organizing work to improve the reliability of technical system. Special attention in the study is paid to the fundamental role of systematic collection, processing and analysis of primary information about failures and malfunctions during the warranty period. The sources of this information, as well as the requirements for it, are considered in detail. The authors emphasize that it is this analytical base that serves as the basis for identifying design weaknesses, limiting elements, and underlying causes of reduced reliability. As a practical tool, the article offers a detailed algorithm for organizing work to improve reliability. For the effective implementation of the process for technical system reliability increase, a scheme of interaction between the divisions of enterprise is proposed, a reliability group that coordinates the efforts of all participants being the center of it.*

Keywords: *technical system reliability, algorithm for improving reliability, interaction scheme, product quality, technical system failure, operating mode map, reliability program, design documentation.*

DOI: 10.21667/1995-4565-2026-95-236-244

References

1. **Smolyarov N.A.** Nadezhnost vosstanavlivaemoi sistemi so smeshannim po nagruzke rezervom. *Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo radiotekhnicheskogo universiteta*. 2022, no. 80, pp. 181-188 (in Russian).
2. *GOST 27.002-2015. Nadezhnost v tekhnike. Termini i opredeleniya*. Vved. 2016-07-01. Moscow: Standartinform. 2015, 27 p. (in Russian).
3. *GOST R 27.001-2009. Nadezhnost v tekhnike. Sistema upravleniya nadezhnostyu. Osnovnie polozheniya*. Vved. 2010-01-01. Moscow: Standartinform. 2009, 23 p. (in Russian).
4. **Ryabinin I.A.** *Nadezhnost i bezopasnost strukturno-slozhnykh sistem* / I.A. Ryabinin. SPb.: Politekhnik. 1999, 248 p. (in Russian).
5. **Polovko A.M.** *Osnovi teorii nadezhnosti* / A.M. Polovko, S.V. Gurov. – 2-e izd., pererab. i dop. SPb.: BKhV-Peterburg. 2006, 704 p. (in Russian).
6. **Malikov I.M.** *Nadezhnost i effektivnost v tekhnike: Spravochnik v 10 t. T. 1. Metodologicheskie osnovi teorii nadezhnosti i effektivnosti* / I.M. Malikov, V.I. Klyuev, A.V. Yermakov. Moscow: Mashinostroenie. 1994, 316 p. (in Russian).
7. **Gulyaeva K.A., Artemeva I.L.** Instrumentarii dlya proektirovaniya sistem ponyatii i baz znaniy predmetnykh oblastei s obektami slozhnoi strukturi. *Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo radiotekhnicheskogo universiteta*. 2024, no. 87, pp. 62-77. (in Russian).
8. **Rulev A.V., Valueva T.V.** Analiz faktorov, vliyayushchikh na nadezhnost tekhnologicheskoi sistemi. *Internauka*. 2023. no. 13-3. pp. 59-63. (in Russian).
9. **Pilkin A.N., Tishkina V.V.** Informatsionnaya sistema formirovaniya upravlencheskikh reshenii po uluchsheniyu tekushchego sostoyaniya obekta upravleniya. *Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo radiotekhnicheskogo universiteta*. 2025, no. 91, pp. 76-86. (in Russian).
10. **Chiganova N.M.** Proverka statisticheskikh gipotez pri provedenii ispitaniy na nadezhnost. *Nauchno-tekhnicheskii vestnik Povolzhya*. 2022, no. 12, pp. 193-195. (in Russian).