

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МЕТОДОВ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ НАДЕЖНОСТЬЮ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ В АПК

IMPROVEMENT OF THE METHODS OF OPERATIONAL MANAGEMENT RELIABILITY OF TECHNICAL SYSTEMS IN AGRICULTURE

А.Т. ЛЕБЕДЕВ¹, д.т.н.
А.А. СЕРЕГИН², д.т.н.
А.Г. АРЖЕНОВСКИЙ², к.т.н.

¹ ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет», Ставрополь, Россия

² Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет», Зерноград, Россия, argenowski@mail.ru

A.T. LEBEDEV¹, DSc in Engineering,
A.A. SEREGIN², DSc in Engineering,
A.G. ARZHENOVSKIY², PhD in Engineering

¹ FSBEI HE «Stavropol state agrarian University», Stavropol, Russian Federation

² Azov-Black Sea Engineering Institute – branch of FSBEI HE «Don State Agrarian University», Zernograd, Russian Federation, argenowski@mail.ru

В процессе эксплуатации интервальный коэффициент готовности технических систем в агропромышленном комплексе должен соответствовать стратегии безотказной работы в интервале времени, необходимого для выполнения требуемого объема работ, или технологической операции при производстве сельскохозяйственной продукции. Повышение и поддержание надежности технических систем в агропромышленном комплексе в значительной степени определяется совершенством методов и системы управления надежностью. В настоящее время разработано довольно много моделей управления надежностью, позволяющих количественно оценивать результаты управления и целенаправленно влиять на эти результаты в требуемом направлении. Наиболее полно в них разработаны вопросы управления надежностью на стадиях проектирования и серийного изготовления технических систем и значительно меньше – на стадии их эксплуатации. Однако управление надежностью технических систем на стадии их эксплуатации, которая заключается в поддержании обеспеченного предприятием-изготовителем уровня безотказности работы устройств, реализуемое посредством обоснования, назначения и выполнения за располагаемое или заданное время комплекса мероприятий по их техническому и технологическому обслуживанию, является не менее значимой задачей.

Разработана структурная схема управления надежностью технических систем в агропромышленном комплексе, включающая стратегическое управление надежностью, которое осуществляется на стадиях проектирования и производства технических систем и оперативного управления надежностью, на стадии эксплуатации технических систем в реальных условиях агропромышленных предприятий. Введено понятие «Функциональное оперативное диагностирование» – комплекс мероприятий, направленный на повышение надежности технических систем и их элементов за счет технологий и средств оперативного диагностирования, избыточных с точки зрения классических отечественных стратегий технического обслуживания и ремонта машин, но необходимых для обеспечения абсолютной интервальной надежности. Разработана структурная схема функционального оперативного диагностирования технических систем в агропромышленном комплексе и их элементов.

Ключевые слова: агропромышленный комплекс, технические системы, надежность, оперативное управление надежностью, функциональное резервирование, оперативное диагностирование, функциональное оперативное диагностирование.

In the process of operation, the interval coefficient of readiness of technical systems in the agro-industrial complex should correspond to the strategy of trouble-free operation in the interval of time required to perform the required amount of work, or technological operation in the production of agricultural products. Improving and maintaining the reliability of technical systems in the agro-industrial complex is largely determined by the perfection of methods and reliability management system. Currently, a lot of models of reliability management have been developed, which allow to quantify the results of management and purposefully influence these results in the required direction. The issues of reliability management at the stages of design and serial production of technical systems are most fully developed in them and much less – at the stage of their operation. However, the management of the reliability of technical systems at the stage of their operation, which consists in maintaining the level of reliability of the devices provided by the manufacturer, implemented by means of justification, appointment and execution for the available or specified time of the complex of measures for their technical and technological maintenance, is no less important task. The structural scheme of management of reliability of technical systems in agro-industrial complex, including strategic management of reliability, carried out at the stages of design and production of technical systems and operational management of reliability, carried out at the stage of operation of technical systems in the real conditions of agro-industrial enterprises. Introduced the concept of «Functional operational diagnosis» – a complex of measures, directed on increase of reliability of technical systems and their elements due to technology and means of rapid diagnosis, redundant from the point of view of classical domestic strategies of maintenance and repair of machinery, but is necessary to ensure absolute reliability interval. The block diagram of functional operational diagnostics of technical systems in the agro-industrial complex and their elements is developed.

Keywords: agriculture; technical systems; reliability; operational reliability management; functional redundancy; operational diagnosis; functional operational diagnosis.

Введение

При производстве продукции растениеводства, где между технологическими операциями возделывания сельскохозяйственных культур имеются промежутки времени, когда не требуются работа технических систем, важное значение имеет обеспечение их интервальной надежности за счет повышения интервального коэффициента готовности [1]. В процессе эксплуатации интервальный коэффициент готовности технических систем в АПК должен соответствовать стратегии безотказной работы ($K_{г.и} = 1$) в интервале времени, необходимого для выполнения требуемого объема работ, или технологической операции при производстве сельскохозяйственной продукции.

Повышение и поддержание надежности технических систем в АПК в значительной степени определяется совершенством методов и системы управления надежностью.

Понятие «Управление надежностью» в 1969 г. ввел академик Г.С. Пospelов [2].

Непосредственное управление надежностью заключается в определении необходимого состава запасных частей и принадлежностей, выработке решений по техническому (профилактическому) обслуживанию, что позволяет сохранить показатели надежности на требуемом уровне.

Управлять надежностью – это значит тем или иным способом влиять на значения характеристик надежности технических систем на различных этапах их жизненного цикла (проектирование, производство и эксплуатация).

В настоящее время разработано довольно много моделей управления надежностью, позволяющих количественно оценивать результаты управления и целенаправленно влиять на них в требуемом направлении. Наиболее полно в этих моделях проработаны вопросы управления надежностью на стадиях проектирования и серийного изготовления технических средств и значительно меньше – на стадии их эксплуатации [3–9]. Однако управление надежностью технических систем на стадии их эксплуатации, которое заключается в поддержании обеспеченного предприятием-изготовителем уровня безотказности работы устройств, реализуемое посредством обоснования, назначения и выполнения за располагаемое или заданное время комплекса мероприятий по их техническому и технологическому обслуживанию, является не менее значимой задачей.

Цель исследования

Совершенствование методов управления надежностью технических систем в АПК на стадии их эксплуатации.

Результаты и обсуждение

У технических систем в процессе их эксплуатации происходит процесс изменения надежности. Он заключается в возрастании, при увеличении числа накапливающихся повреждений, структурных ухудшений, разрегулировок и т.п., а отсюда – отказавших элементов и систем в целом.

Увеличение интенсивности отказов мелких комплектующих и составляющих элементов сложных технических систем происходит, в основном, из-за их старения и изнашивания, накапливающихся повреждений, а крупных элементов и систем в целом – как из-за старения и изнашивания, так и из-за их разрегулировок, а также накапливающихся отказов, повреждений составляющих их элементов. При этом общая интенсивность отказов технических систем, наряду с указанной возрастающей составляющей, которая называется интенсивностью постепенных отказов, имеет вторую, в общем случае неизменную по времени составляющую – интенсивность внезапных отказов основных нерезервированных элементов и резервированных узлов в целом.

С учетом вышеизложенного, мы предлагаем структурную схему управления надежностью технических систем в АПК (рис. 1).

Стратегическое управление надежностью осуществляется на стадиях проектирования и производства технических систем.

Оперативное управление надежностью осуществляется на стадии эксплуатации технических систем в реальных условиях агропромышленных предприятий.

В соответствии с целью исследований нас в большей степени интересуют вопросы повышения надежности технических систем в АПК на стадии их эксплуатации, т.е. вопросы оперативного управления надежностью.

Эксплуатация технических систем в АПК – это процесс реализации их потребительских свойств, включающий в себя их использование по назначению (производственная эксплуатация), а также поддержание их в исправном и работоспособном состоянии и обеспечение их функционирования (техническая эксплуатация).

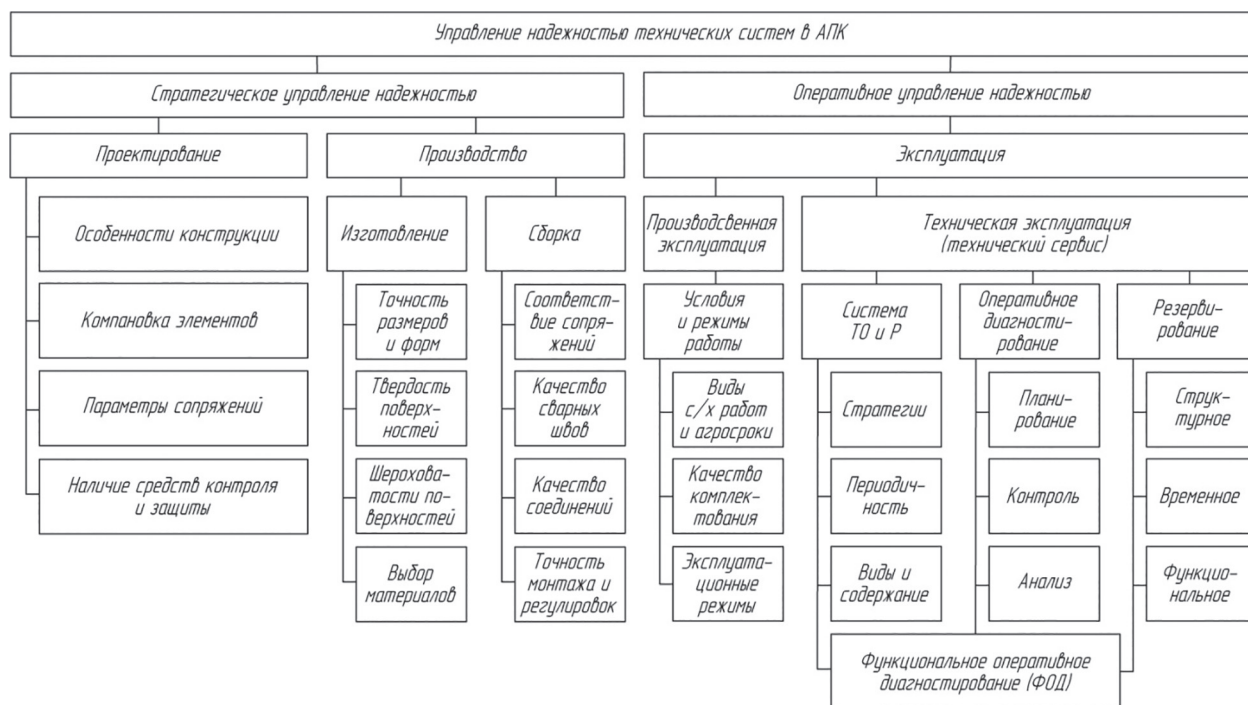


Рис. 1. Структурная схема управления надежностью технических систем в АПК

Управление надежностью технических систем в АПК в процессе их эксплуатации невозможно без учета особенностей производственной эксплуатации, так как именно виды сельскохозяйственных работ, сроки их выполнения, марочный и количественный состав машин, степень их загрузки, колебания нагрузки и т.п. в конечном итоге обуславливают применение тех или иных ремонтно-обслуживающих воздействий для повышения их надежности. Однако в соответствии с задачами исследований нас в большей степени интересуют вопросы совершенствования системы технической эксплуатации (технического сервиса).

Таким образом, совершенствования методов оперативного управления надежностью технических систем в АПК велось в следующих направлениях:

- функциональное резервирования наименее надежных элементов технических систем в АПК;
- внедрение методов оперативного диагностирования применительно к техническим системам в АПК.
- совершенствование стратегий ТО и Р технических систем в АПК.

Для достижения высокой надежности работы технических систем и их элементов на стадии их эксплуатации применяется резервирование. В большинстве литературных источников [3–9] резервирование рассматри-

вается как метод повышения надежности объекта путем введения избыточности. В свою очередь, под избыточностью подразумевают дополнительные средства и (или) возможности, сверхминимально необходимые для выполнения объектом заданных функций.

Различают следующие виды резервирования: структурное, временное, информационное, нагрузочное и функциональное [3–9].

Применительно к техническим систем в АПК рассматривается структурное, временное и функциональное резервирование (рис. 1).

Структурное резервирование, иногда называемое аппаратным (элементным, схемным), предусматривает применение резервных элементов структуры объекта. Суть структурного резервирования заключается в том, что в минимально необходимый вариант объекта вводятся дополнительные элементы.

Временное резервирование связано с использованием резервов времени. При этом предполагается, что на выполнение объектом необходимой работы отводится время, заведомо большее минимально необходимого. Резервы времени могут создаваться за счет повышения производительности объекта, инерционности его элементов и т.д.

Функциональное резервирование – резервирование, при котором заданная функция может выполняться различными способами и техническими средствами. Например, функция пере-

дачи информации в АСУ может выполняться с использованием радиоканалов, телеграфа, телефона и других средств связи. Поэтому обычные усредненные показатели надежности (средняя наработка на отказ, вероятность безотказной работы и т.п.) становятся малоинформативными и недостаточно пригодными для использования в данном случае. Наиболее подходящие показатели для оценки функциональной надежности: вероятность выполнения данной функции, среднее время выполнения функции, коэффициент готовности для выполнения данной функции.

Для обеспечения высокой надежности (высокого интервального коэффициента готовности $K_{г.и}$) [1] технических систем в АПК наибольший интерес представляет функциональное резервирование. Требуемой функцией является обеспечение абсолютной интервальной надежности ($K_{г.и} = 1$).

Еще одним резервом для оперативного управления надежностью технических систем в АПК может служить оперативное диагностирование, активно применяющееся в системе МЧС. Согласно работе [10], оперативное диагностирование – процесс определения и измерения признаков, параметров объектов техносферы (технических систем и их компонентов) для оперативной оценки их состояния на заданном этапе функционирования.

Оперативное диагностирование, наряду с штатным диагностированием, входит в общую диагностику. Системы оперативного диагностирования преимущественно являются мобильными, вводимыми в действие при необходимости обеспечения высокого уровня надежности технических средств. Оперативная диагностика может осуществляться непрерывно или дискретно в соответствии с предварительно разработанной программой и согласованной с использованием штатного приборно-измерительного диагностического комплекса.

В программах по оперативной диагностике предусматривают специальные режимы функционирования системы и установку специальной измерительной или диагностической аппаратуры, позволяющей наиболее полно выявить отклонения технологических параметров от расчетных, повреждения в элементах системы и (или) возможности возникновения отказов.

С учетом вышеизложенного, для обеспечения высокого уровня интервальной надежности технических систем в АПК и их элементов

наибольший интерес представляет функциональное резервирование в комплексе с оперативным диагностированием – функциональное оперативное диагностирование.

Функциональное оперативное диагностирование (ФОД), применительно к отрасли АПК, следует понимать как комплекс мероприятий, направленный на повышение надежности технических систем и их элементов за счет технологий и средств оперативного диагностирования, избыточных с точки зрения классических отечественных стратегий ТО и Р, но необходимых для выполнения требуемой функции ($K_{г.и} = 1$) [1].

Отличительной особенностью ФОД является то, что комплекс избыточных мероприятий, как правило, необходимо выполнять в промежутки времени между технологическими операциями, когда работа технических систем в АПК не требуются.

На рис. 2 представлена структурная схема функционального оперативного диагностирования технических систем в АПК и их элементов.

Функциональное оперативное диагностирование предложено в качестве резервного элемента к мероприятиям стратегий С1 (по потребности после отказа) или С2 (регламентированная в зависимости от наработки) в зависимости от конкретных условий агропромышленных предприятий.

Помимо базовых стратегий ТО и Р, структурная схема ФОД отражает способы включения, способы соединения, а также средства реализации.

По способу включения ФОД может быть постоянным и периодическим.

Постоянное ФОД предполагает реализацию технических и технологических мероприятий, позволяющих увеличить вероятность безотказной работы элемента по сравнению с используемыми в технической системе.

Особенностью постоянного ФОД является то, что дополнительные (резервные) элементы участвуют в функционировании технической системы наравне с основными и вводятся в действие одновременно с ее запуском.

При этом дополнительные элементы находятся в таком же режиме, как и основные, и их ресурс работы расходуется с момента включения в работу технической системы.

В качестве примера постоянного ФОД элементов технических систем в АПК могут служить встроенные системы оперативного

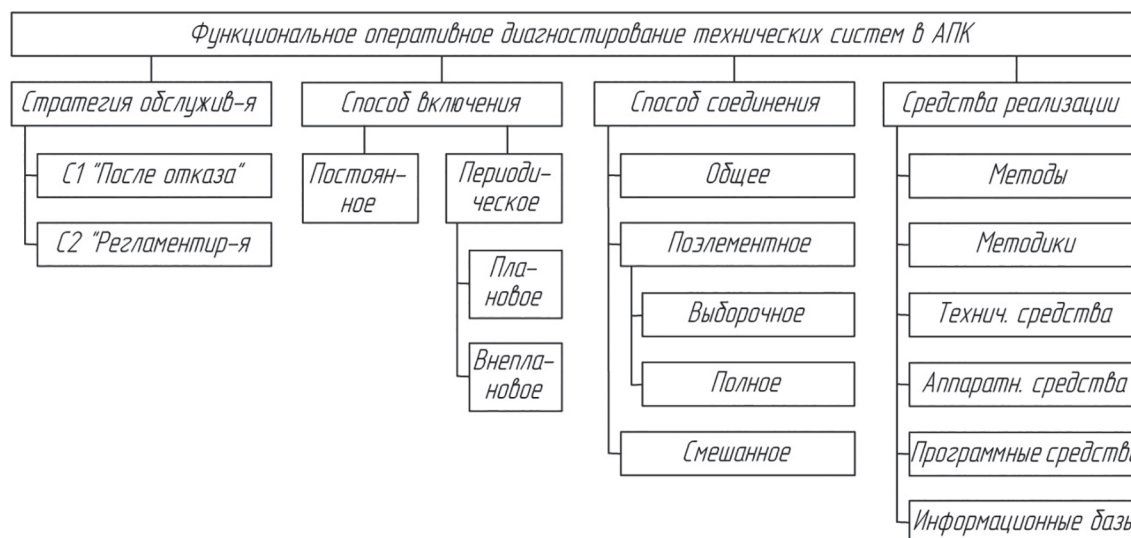


Рис. 2. Структурная схема функционального оперативного диагностирования технических систем в АПК и их элементов

контроля и диагностирования технического состояния элементов трактора, двигателя и т.п. Однако большинство отечественных технических систем не оснащены подобными системами. В этой связи постоянное ФОД может рассматриваться как направление совершенствования элементов технических систем в АПК.

Периодическое ФОД предполагает поддержание надежности технической системы, позволяющее обеспечить выполнение возложенных на нее функций в течение определенного периода (промежутка времени).

Применение периодического ФОД для повышения надежности возможно лишь у тех технических систем, которые допускают перерыв в работе для восстановления работоспособности.

Периодическое ФОД может быть плановое и внеплановое.

Плановое периодическое ФОД – комплекс мероприятий по повышению надежности технической системы в АПК, при котором в процессе эксплуатации согласно плану (между технологическими операциями возделывания сельскохозяйственных культур) выполняются диагностические операции (оперативный контроль технического состояния и прогнозирование остаточного ресурса), а при необходимости – и регулировочные операции для дальнейшего выполнения свойственных ей функций в течение определенного промежутка времени без проведения операций технического сервиса.

Внеплановое периодическое ФОД – комплекс мероприятий по повышению надежности

технических систем в АПК, когда в процессе эксплуатации выполняются диагностические операции (поиск места и причин неисправности), а также регулировочные и (или) ремонтные операции для восстановления технических характеристик элементов или обеспечения нормальных условий функционирования. Особенностью этого вида ФОД является необходимость проведения сервисных мероприятий для дальнейшего обеспечения работоспособности элементов технических систем.

Функциональное оперативное диагностирование в качестве резервного элемента может быть применено как к технической системе в целом, так и к ее отдельным элементам или их группам. В первом случае ФОД называется общим, во втором – поэлементным. Сочетание первого и второго способов у одной и той же системы называется смешанным.

Заключение

Разработанные структурные схемы управления надежностью технических систем в АПК, а также функционального оперативного диагностирования технических систем в АПК и их элементов позволяют скорректировать базовые стратегии ТО и Р сельскохозяйственной техники, повышая ее эксплуатационную надежность.

Литература

1. Серегин А.А., Лебедев А.Т. Повышение эффективности машин и оборудования за счет их интервальной надежности // Международный технико-экономический журнал. 2013. № 6. С. 99–103.

2. Барзилович Е.Ю., Воробьев Е.И., Воскобоев В.Ф. и др. О проблемах управления надежностью авиационных систем; под ред. Г.С. Поспелова. М., 1969. 229 с.
3. Острейковский В.А. Теория надежности. М.: Высшая школа, 2008. 463 с.
4. Курчаткин В.В., Тельнов Н.Ф., Ачкасов К.А. и др. Надежность и ремонт машин; под ред. В.В. Курчаткина. М.: Колос, 2000. 776 с.
5. Кушнарев Л.И. Повышение качества и надежности сельскохозяйственной техники // Сельский механизатор. 2017. № 7. С. 4–7.
6. Кушнарев Л.И., Чепурин Е.Л., Чепурин А.В. и др. Качество и надежность отечественной техники – основа ее конкурентоспособности // Тракторы и сельхозмашины. 2015. № 11. С. 35–37.
7. Надежность и эффективность в технике: справочник: в 10 т. Т. 3: Эффективность технических систем; под ред. В.Ф. Уткина, Ю.В. Крючкова. М.: Машиностроение, 1988. 328 с.
8. Надежность и эффективность в технике: справочник: в 10 т. Т. 8: Эксплуатация и ремонт; под ред. В.И. Кузнецова, Е.Ю. Барзиловича. М.: Машиностроение, 1990. 320 с.
9. Надежность и эффективность в технике: справочник: в 10 т. Т. 9: Техническая диагностика; под ред. В.В. Ключева, П.П. Пархоменко. М.: Машиностроение, 1987. 352 с.
10. Шулгин В.Н. Инженерная защита населения и территорий в чрезвычайных ситуациях мирного и военного времени. М.: Академический Проект, 2016. 688 с.
- reliability management], E.YU. Barzilovich, E.I. Vorob'ev, V.F. Voskoboev i dr.; pod red. G.S. Pospelova, M., 1969, 229 p.
3. Ostrejkovskij, V.A. Teoriya nadezhnosti [Reliability theory], V.A. Ostrejkovskij, M.: Vysshaya shkola, 2008, 463 p.
4. Nadezhnost' i remont mashin [Reliability and repair of machines], V.V. Kurchatkin, N.F. Tel'nov, K.A. Achkasov i dr.; pod red. V.V. Kurchatkina, M.: Kolos, 2000, 776 p.
5. Kushnarev, L.I. Povyshenie kachestva i nadezhnosti sel'skohozyajstvennoj tekhniki [Improving the quality and reliability of agricultural machinery], L.I. Kushnarev, Sel'skij mekhanizator, 2017, No. 7, pp. 4–7.
6. Kushnarev, L.I. Kachestvo i nadezhnost' otechestvennoj tekhniki, osnova ee konkurentosposobnosti [Quality and reliability of domestic equipment, the basis of its competitiveness], L.I. Kushnarev, E.L. Chepurin, A.V. Chepurin i dr., Traktory i sel'hoz-mashiny, 2015, No. 11, pp. 35–37.
7. Nadezhnost' i effektivnost' v tekhnike: spravochnik [Reliability and efficiency in engineering: Handbook]. T. 3: Effektivnost' tekhnicheskikh sistem, pod red. V.F. Utkina, YU.V. Kryuchkova, M.: Mashinostroenie, 1988, 328 p.
8. Nadezhnost' i effektivnost' v tekhnike: spravochnik [Reliability and efficiency in engineering: Handbook]. T. 8: Ekspluatatsiya i remont, pod red. V.I. Kuznecova, E.YU. Barzilovicha, M.: Mashinostroenie, 1990, 320 p.
9. Nadezhnost' i effektivnost' v tekhnike: spravochnik [Reliability and efficiency in engineering: Handbook]. T. 9: Tekhnicheskaya diagnostika, pod red. V.V. Klyueva, P.P. Parhomenko, M.: Mashinostroenie, 1987, 352 p.
10. SHul'gin, V. N. Inzhenernaya zashchita naseleniya i territorij v chrezvychajnyh situacijah mirnogo i voennogo vremeni [Engineering protection of population and territories in emergency situations of peace and wartime], V.N. SHul'gin, M.: Akademicheskij Proekt, 2016, 688 p.

References

1. Seryogin, A.A. Povyshenie effektivnosti mashin i oborudovaniya za schet ih interval'noj nadezhnosti [Improving the efficiency of machines and equipment due to their interval reliability], A.A. Seryogin, A.T. Lebedev, Mezhdunarodnyj tekhniko-ekonomicheskij zhurnal, 2013, No. 6, pp. 99–103.
2. O problemah upravleniya nadezhnost'yu aviacionnyh system [On the problems of aviation systems