

Научная статья  
УДК 629.7.017.1  
DOI: 10.34759/vst-2022-1-19-26

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ МОДЕЛИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА ВОЗДУШНЫХ СУДОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Олег Сергеевич Долгов<sup>1</sup>, Борис Борисович Сафоклов<sup>2</sup> ✉

<sup>1,2</sup>Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), МАИ,  
Москва, Россия

<sup>1</sup>dolgov@mai.ru

<sup>2</sup>safoklovbb@mai.ru ✉

**Аннотация.** Представлена спроектированная модель технического обслуживания и ремонта (ТОиР) воздушного судна с блоком предиктивного технического обслуживания. В качестве технического обслуживания (ТО) предусмотрено использование искусственной нейронной сети. Предиктивное техническое обслуживание с искусственной нейронной сетью является частью стратегии ТОиР «До обнаружения неисправности». Проект ТОиР с предиктивным ТО позволяет выстроить концепцию проведения углубленного анализа перед выбором стратегии контроля этапа жизненного цикла самолета — эксплуатация.

**Ключевые слова:** воздушное судно, искусственные нейронные сети, проектирование технического обслуживания, техническое обслуживание и ремонт воздушного судна, предиктивное техническое обслуживание

**Для цитирования:** Долгов О.С., Сафоклов Б.Б. Проектирование модели технического обслуживания и ремонта воздушных судов с использованием искусственных нейронных сетей // Вестник Московского авиационного института. 2022. Т. 29. № 1. С. 19-26. DOI: 10.34759/vst-2022-1-19-26

Original article

## DEVELOPING MAINTENANCE AND REFURBISHMENT MODEL OF AERIAL VEHICLES WITH ARTIFICIAL NEURAL NETWORK APPLICATION

Oleg S. Dolgov<sup>1</sup>, Boris B. Safoklov<sup>2</sup> ✉

<sup>1,2</sup>Moscow Aviation Institute (National Research University), MAI,  
Moscow, Russia

<sup>1</sup>dolgov@mai.ru

<sup>2</sup>safoklovbb@mai.ru ✉

## Abstract

Maintaining the specified safety, reliability and availability characteristics of the aerial vehicles (AV) with long operation life and after-sales service, can significantly exceed their purchase cost. Conceptually new approaches are required nowadays in the industry to ensure the quality improvement level, increase in the safety and economic efficiency of the AV for the aviation industry enterprises. Highly efficient AV with low life cycle cost (LLC) and high utilization factor are economically viable for the aircraft operators (consumers). One of the ways of the LCC reduction consists in optimizing the aircraft maintenance system during operation, refurbishment and overhaul.

Manufacturing companies that are among the first in the aviation industry to integrate predictive maintenance (PM) into the after-sales service (AS) and maintenance and repair systems (MRO), all other things being equal, will be able to provide the most competitive product in the aviation industry. This concept implementation is complicated since the PTO concept involves continuous monitoring of a large number of parameters, which does not allow fully implementing it in the aviation industry due to the lack of global broadband data transmission from the aircraft throughout the entire flight.

Mathematical method of artificial neural networks (ANN) application is the least costly for the incoming big data streaming analysis.

The gist of the ANN utilization consists in processing the information array obtained from the product state monitoring system to predict the available solutions on the product maintenance.

The way to the MRO optimization is integration with the Aircraft Health Monitoring (AHM), in which, the ANN employing as a tool is one of the concepts.

The authors propose application of the developed model of the aircraft maintenance and refurbishment for the ANN utilization, with the ANN employing as a predictive maintenance tool.

**Keywords:** aerial vehicle, artificial neural networks, maintenance design, aircraft maintenance and refurbishment, predictive maintenance.

**For citation:** Dolgov O.S., Safoklov B.B. Developing maintenance and refurbishment model of aerial vehicles with artificial neural network application. *Aerospace MAI Journal*, 2022, vol. 29, no. 1, pp. 19-26. DOI: 10.34759/vst-2022-1-19-26

---

---

## Введение

Жизненный цикл современного самолета — длительный и сложный процесс. На стадии проектирования воздушного судна (ВС) необходимо закладывать операционные методологии по управлению жизненным циклом ВС [1], в том числе на этапе послепродажного обслуживания (ППО) в процессе эксплуатации.

Поддержание заданных характеристик безопасности, надежности и готовности ВС с длительными сроками эксплуатации, ППО могут значительно превышать затраты на их приобретение. Чтобы обеспечить повышение уровня качества, безопасности и экономической эффективности ВС, для предприятий авиационной индустрии сегодня необходимы концептуально новые подходы в отрасли [2].

Во всем мире для любого потребителя основным критерием при решении о покупке самолета

является стоимость жизненного цикла (СЖЦ) ВС, которая включает в себя затраты и на приобретение, и на эксплуатацию. Если рассматривать как пример гражданский сектор авиационной отрасли, экономически целесообразными для данных предприятий являются только высокоэффективные летательные аппараты с низкой СЖЦ и высоким коэффициентом использования. Один из путей снижения СЖЦ — это оптимизация системы технического обслуживания ВС в период эксплуатации, ремонта и капитального ремонта [3].

Концепция «предиктивное техническое обслуживание» (ПТО) занимает важное место в рамках четвертой промышленной революции (Индустрия 4.0). Производственные компании авиационной индустрии, которые первыми интегрируют эту концепцию в систему послепро-

дажного обслуживания ВС, в систему технического обслуживания и ремонта ВС, при прочих равных условиях смогут обеспечить наиболее конкурентоспособный продукт. На сегодняшний день эта концепция достаточно сложна в реализации, так как ПТО предполагает непрерывный мониторинг большого количества параметров изделия и их последующей обработки, но, тем не менее, работы и исследования по этому направлению проводятся и перспективны [5].

Для потокового анализа поступающих больших данных мониторинга состояния ВС наименее затратным является использование математического метода искусственных нейронных сетей (ИНС) [4]. Перспектива интеграции систем Мониторинг состояния воздушных судов (МСВС) и Техническое обслуживание и ремонт (ТОиР) воздушного судна для создания ПТО, использующих искусственные нейронные сети (ИНС) для анализа данных, может привести к положительным результатам, влияние которых еще предстоит оценить в управлении жизненным циклом воздушного судна [6].

### Модель и метод

Доля затрат ТОиР (ОСТ 1 02799–2012) — прямые затраты на техническое обслуживание при эксплуатации [7] в стоимости жизненного цикла высока сама по себе. Как пример для авиалайнера класса Boeing 747 приводится цифра от 10 до 15% для ВС с общей стоимостью обслуживания 1700 долл в час [8]. Понимая при этом, что случаи внепланового технического обслуживания представляют реальную угрозу для увеличения затрат и снижения безопасности, сбалансированное распределение затрат на сокращение интервалов контроля отдельных узлов и агрегатов представляется оптимальным решением.

Один из способов избежать внеплановых ТОиР — постоянный мониторинг элементов ВС и анализ работоспособности изделия. Для решения подобных задач возможно использовать ИНС, и для этого существует множество методов. Как пример, ИНС способна эмпирически оценить среднюю стоимость ТОиР [9], используя метод выявления нелинейных зависимостей. Применение искусственного интеллекта для оценки технического состояния движительно-рулевой колонки (ДРК) по вибрационным характеристикам [10] подчеркивает простоту использования ИНС. Рекуррентные конфигурации нейронных сетей в задачах предиктивного обслуживания (рассматривались конфигурации с нейро-

нами RNN, LSTM и GRU [11]) демонстрируют преимущества их использования при решении задач классификации вероятных отказов.

Суть использования ИНС — обработка огромного массива информации, получаемого с систем мониторинга состояния изделия, для прогнозирования доступных решений по обслуживанию изделия [12].

Путь для оптимизации ТОиР — интеграция с мониторингом состояния воздушных судов (МСВС) (Aircraft Health Monitoring) [13], в котором одна из концепций — применение ИНС в качестве инструмента [14].

Для решения задачи использования ИНС в системе эксплуатации и сервиса воздушного судна необходимо спроектировать ТОиР ВС с применением ИНС в качестве инструмента предиктивного ТО.

### Исследование и результаты

Согласно ГОСТ 18322-2016 техническое состояние (ТС — technical state) — это совокупность свойств объекта, подверженных изменению в процессе его производства, эксплуатации, транспортировки и хранения, характеризующихся значениями параметров и/или качественными признаками, установленными в документации [15].

Виды ТС: исправное состояние, работоспособное состояние, неисправное состояние, неработоспособное состояние и предельное состояние. Схематично основные состояния представлены на рис. 1.

На схеме рисунка — данные МСВС для прогнозирования и ТОиР должны обрабатываться и контролироваться ИНС в блоках 1, 2, 3.

Из общего количества видов технического обслуживания (ремонта) квалификационная категория ТО (ремонта) выделяется по одному из отличительных признаков (ГОСТ 18322-2016).

В качестве основных выделим два вида технического обслуживания [16]:

1) корректирующее ТО, выполняется после обнаружения неисправности с целью возвращения объекта в работоспособное состояние. Делится на:

— внеплановое корректирующее ТО, выполняемое в случае непредвиденного отказа, приводящего к недопустимому снижению надежности системы;

— плановое корректирующее ТО, выполняемое в расчетное время отказа с достижением требуемого уровня надежности;

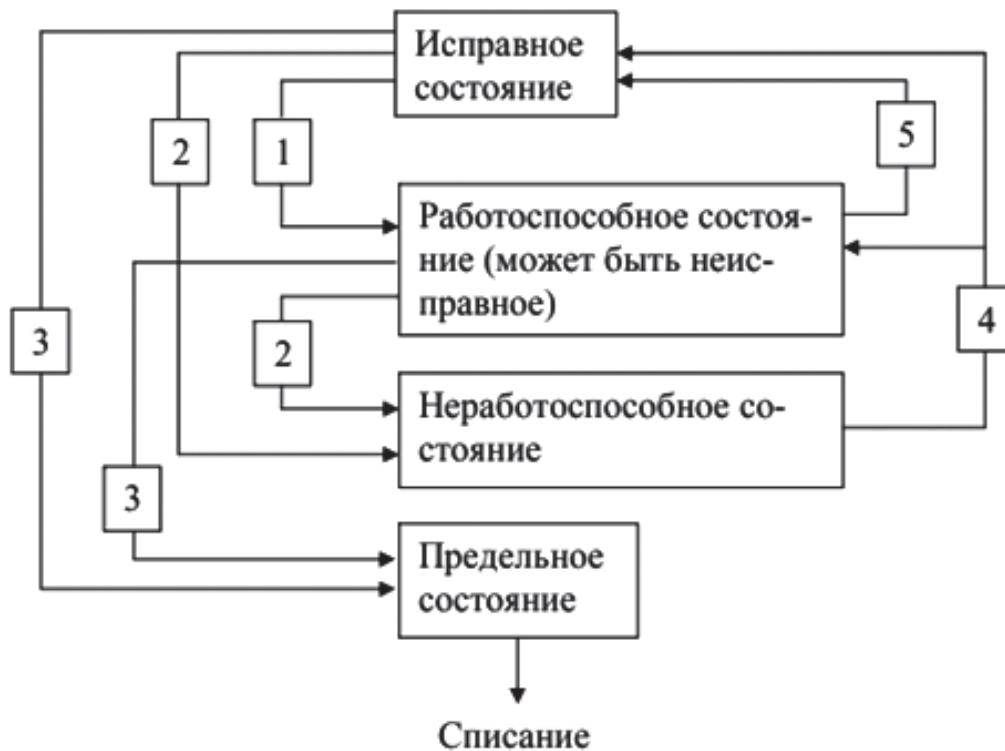


Рис. 1. Схема основных состояний объекта эксплуатации: 1 — повреждение; 2 — отказ; 3 — переход в предельное состояние «неустранимое разрушение»; 4 — ремонт; 5 — восстановление

2) профилактическое обслуживание — снижает вероятность незапланированного корректирующего обслуживания.

Добавим предиктивное техническое обслуживание как экспериментальное дополнение к предыдущим моделям, выделив ему в качестве характеристики мониторинг и анализ ряда параметров, на основе которых осуществляется корректировка интервалов обслуживания.

Предиктивное техническое обслуживание — это оптимизация модели при сохранении заданного уровня качества при контролируемом уровне затрат.

Для формирования полноты картины проектирования воспользуемся ГОСТ Р 57329-2016/EN 13306:2010 [16], общей схемой технического обслуживания и ремонта (рис. 2). Из этого же стандарта [16] — описание относительной продолжительности технического обслуживания и ремонта (рис. 3), схожее с таблицей «Оперативное время технического обслуживания (ремонта)» ГОСТ 21623-76 показатели оценки ремонтпригодности [17].

Примем, что предиктивное ТОиР оптимально с точки зрения затрат и эффективности при эксплуатации узлов и агрегатов, не обслуживаемых

в межсервисный период. То есть техническую эксплуатацию в необслуживаемый, межремонтный период можно рассматривать как накопление статистики отказов встроенными системами мониторинга технического состояния в межремонтный период [18] и обработка этих данных ИНС. Спроектируем ТОиР с применением в качестве инструмента ИНС (рис. 4).

На основании «правила-предположения» в проекте модели ТОиР (рис. 4) эффективность при эксплуатации узлов и агрегатов ВС, в соответствии с основной задачей Системы ТОиР (*управление техническим состоянием (ТС) ВС в течение срока службы или ресурса, для обеспечения поддержания и восстановления его летной годности и подготовки к использованию по назначению при обеспечении требуемых уровней надежности и готовности ВС к полетам с минимальными затратами труда и средств на выполнение ТОиР*), достигается за счет поддержания достаточного уровня надежности уменьшением количества проверок [19] и за счет более низкой стоимости контрольно-ремонтных работ по сравнению с обслуживаемой эксплуатационной моделью [20–22].



Рис. 2. Техническое обслуживание и ремонт. Общее представление



Рис. 3. Продолжительности технического обслуживания и ремонта

**Выводы**

Таким образом, мы спроектировали возможность ТОиР с блоком предиктивного технического обслуживания.

Инструментом предиктивного ТО в нашем случае является использование ИНС.

Предиктивное техническое обслуживание является частью стратегии ТОиР «До обнаружения неисправности».

ТОиР с предиктивным ТО позволяет, на этапе проектирования ВС, выстроить концепцию проведения углубленного анализа перед выбором



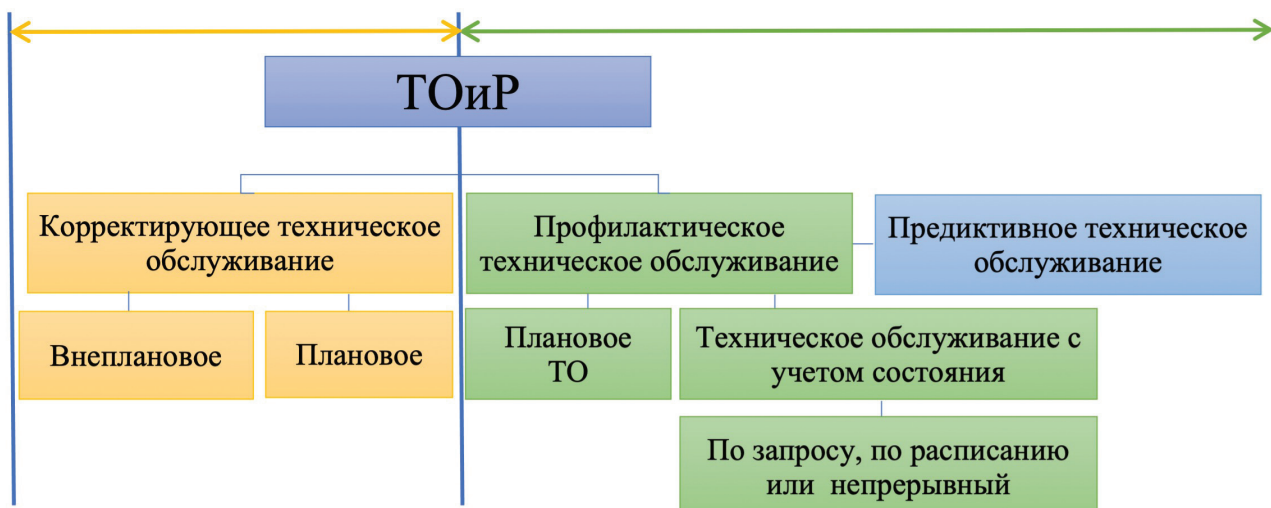


Рис. 4. Проект ТОиР с инструментом ИНС в предиктивном техническом обслуживании

стратегии контроля этапа жизненного цикла самолета — эксплуатация.

Следующим этапом исследования использования ИНС в системе ТОиР, запланированного авторами, являются демонстрация и анализ на примере ТОиР двигателя ВС, моделей традиционного и предиктивного ТО с их оценкой.

**Список источников**

1. *Погосян М.А., Братухин А.Г., Савельевских Е.П., Стрелец Д.Ю., Злыгарев В.А.* CALS-технологии при создании самолета SSJ100 // Вестник машиностроения. 2017. № 5. С. 60–65.
2. *Dolgov O.S., Safoklov B.B., Aruvelli S.* Airdrop of discharged batteries using an unmanned aerial vehicle as a method of increasing the range of an electric aircraft by reducing the mass in flight // Journal of Aeronautics, Astronautics and Aviation. 2021. Vol. 53. No. 2, pp. 235-239. DOI: 10.6125/JoAAA.202106\_53(2).15
3. *Судов Е.В., Петров А.Н., Петров А.В., Осяев А.Т., Серебрянский С.А.* Технологии интегрированной логистической поддержки в процессах жизненного цикла авиационной техники: Учебное пособие. — М.: Эдитус, 2018. — 174 с.
4. *Абашев О.В., Куприков М.Ю.* Применение искусственных нейронных сетей при проектировании самолетов // Вестник Московского авиационного института. 2008. Т. 15. № 5. С. 27-33.
5. *Buhl A., Hjertén H.* Evaluation of Artificial Neural Networks for Predictive Maintenance. Department of Computer Science, Faculty of Engineering LTH, 2018. — 77 p.
6. *Легконогих Д.С.* Применение нейросетевых технологий в системах диагностики авиационных силовых установок // Известия Самарского научного

7. *ОСТ 1 02799–2012* Воздушные суда гражданской авиации. Прямые затраты на техническое обслуживание при эксплуатации. Методика расчета. — М.: Стандартинформ, 2013. — 16 p.
8. *Ali R., Al-Shamma O.* Comparative Study of Cost Estimation Models used for Preliminary Aircraft Design // Global Journal of Researches in Engineering: B Automotive Engineering. 2014. Vol. 14. No. 4. URI: [https://globaljournals.org/GJRE\\_Volume14/2-A-Comparative-Study.pdf](https://globaljournals.org/GJRE_Volume14/2-A-Comparative-Study.pdf)
9. *Curran R., Chou S.-Y., Trappey A.* Collaborative Product and Service Life Cycle Management for a Sustainable World // 15th ISPE International Conference on Concurrent Engineering. — Springer, 2008. — 643 p.
10. *Макаров В.В.* Использование методов искусственного интеллекта для оценки технического состояния движительно-рулевой колонки (ДРК) по вибрационным характеристикам // Ученые записки физического факультета Московского университета. 2017. № 5. URI: <http://uzmu.phys.msu.ru/file/2017/5/1751406.pdf>
11. *Karim Md.R.* TensorFlow: Powerful Predictive Analytics with TensorFlow: Predict valuable insights of your data with TensorFlow. — Packt Publishing, 2018. — 165 p.
12. *Баутин А.А., Свицкий Ю.А.* Применение нейросетевых технологий в задачах мониторинга состояния критических мест конструкции транспортных самолетов // Вестник Московского авиационного института. 2020. Т. 27. № 4. С. 81-91. DOI: 10.34759/vst-2020-4-81-91
13. *Aircraft Health Monitoring (AHM) integration in MSG-3.* — International Maintenance Review Board Policy Board (IMRBPB), 2018. — 33 p.

14. Rivas A., Fraile J.M., Chamoso P., González-Briones A., Sittón I., Corchado J.M. A Predictive Maintenance Model Using Recurrent Neural Networks // In: Martínez Alvarez F., Troncoso Lora A., Sáez Muñoz J., Quintián H., Corchado E. (eds) 14<sup>th</sup> International Conference on Soft Computing Models in Industrial and Environmental Applications (SOCO 2019). Advances in Intelligent Systems and Computing. Vol. 950. Springer, Cham. DOI: 10.1007/978-3-030-20055-8\_25
15. ГОСТ 18322-2016 Межгосударственный стандарт. Система технического обслуживания и ремонта техники. Термины и определения. — М.: Стандартинформ, 2013. — 16 п.
16. ГОСТ Р 57329-2016/EN 13306:2010 Национальный стандарт Российской Федерации. Системы промышленной автоматизации и интеграция. Системы технического обслуживания и ремонта. Термины и определения. — М.: Стандартинформ, 2020. — 23 с.
17. ГОСТ 21623-76 Межгосударственный стандарт. Система технического обслуживания и ремонта техники показатели для оценки ремонтпригодности. Термины и определения. — М.: Стандартинформ, 2006. — 16 с.
18. Бронников А.М. Эффективность технической эксплуатации необслуживаемой в межсервисный период бортовой системы воздушного судна // Научный Вестник МГТУ ГА. 2017. Т. 20. № 6. С. 89-98. DOI: 10.26467/2079-0619-2017-20-6-89-98
19. Demidova L.A. Recurrent neural networks' configurations in the predictive maintenance problems // Workshop on Materials and Engineering in Aeronautics (16–17 October 2019; Moscow). — Moscow: Institute of Physics Publishing, 2020. DOI: 10.1088/1757-899X/714/1/012005
20. Власов А.И., Григорьев П.В., Кривошеин А.И. Модель предиктивного обслуживания оборудования с применением беспроводных сенсорных сетей // Надежность и качество сложных систем. 2018. № 2(22). С. 26-35. DOI 10.21685/2307-4205-2018-2-4
21. Krenek J., Kuca K., Blazek P., Krejcar O., Jun D. Application of Artificial Neural Networks in Condition Based Predictive Maintenance // In: Krol D., Madeyski L., Nguyen N. (eds) Recent Developments in Intelligent Information and Database Systems. Studies in Computational Intelligence. 2016. Vol. 642. Springer, Cham. DOI: 10.1007/978-3-319-31277-4\_7
22. Günemann N., Pfefer J. Predicting defective engines using convolutional neural networks on temporal vibration signals // Proceedings of Machine Learning Research. 2017. Vol. 74, pp. 92-102.

## References

1. Pogosyan M.A., Bratukhin A.G., Savel'evskikh E.P., Strelets D.Yu., Zlygarev V.A. *Vestnik mashinostroeniya*, 2017, no. 5, pp. 60–65.
2. Dolgov O.S., Safoklov B.B., Aruvelli S. Airdrop of discharged batteries using an unmanned aerial vehicle as a method of increasing the range of an electric aircraft by reducing the mass in flight. *Journal of Aeronautics, Astronautics and Aviation*, 2021, vol. 53, no. 2, pp. 235-239. DOI: 10.6125/JoAAA.202106\_53(2).15
3. Sudov E.V., Petrov A.N., Petrov A.V., Osyayev A.T., Serebryanskii S.A. *Tekhnologii integrirovannoi logisticheskoi podderzhki v protsessakh zhiznennogo tsikla aviatsionnoi tekhniki* (Technologies of integrated logistics support in the processes of aviation equipment life cycle), Moscow, Editus, 2018, 174 p.
4. Abashev O.V., Kuprikov M.Y. An application of artificial neural networks in aircraft design. *Aerospace MAI Journal*, 2008, vol. 15, no. 5, pp. 27-33.
5. Buhl A., Hjertén H. *Evaluation of Artificial Neural Networks for Predictive Maintenance*. Department of Computer Science, Faculty of Engineering LTH, 2018, 77 p.
6. Legkonogikh D.S. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiiskoi akademii nauk*, 2012, vol. 14, no. 4-2, pp. 639-643.
7. *Vozdushnye suda grazhdanskoi aviatsii. Pryamye zatraty na tekhnicheskoe obsluzhivanie pri ekspluatatsii. Metodika rascheta. OST 1 02799–2012* (Civil aviation aircraft. Direct maintenance costs during operation. Calculation method. Industry Standard 1 02799-2012), Moscow, Standartinform, 2013, 16 p.
8. Ali R., Al-Shamma O. Comparative Study of Cost Estimation Models used for Preliminary Aircraft Design. *Global Journal of Researches in Engineering: B Automotive Engineering*, 2014, vol. 14, no. 4. URI: [https://globaljournals.org/GJRE\\_Volume14/2-A-Comparative-Study.pdf](https://globaljournals.org/GJRE_Volume14/2-A-Comparative-Study.pdf)
9. Curran R., Chou S.-Y., Trappey A. Collaborative Product and Service Life Cycle Management for a Sustainable World. *15th ISPE International Conference on Concurrent Engineering*. Springer, 2008, 643 p.
10. Makarov V.V. *Uchenye zapiski fizicheskogo fakul'teta Moskovskogo universiteta*, 2017, no. 5. URI: <http://uzmu.phys.msu.ru/file/2017/5/1751406.pdf>
11. Karim Md.R. *TensorFlow: Powerful Predictive Analytics with TensorFlow: Predict valuable insights of your data with TensorFlow*. Packt Publishing, 2018, 165 p.
12. Bautin A.A., Svirskiy Y.A. Neural networks technologies application in problems of critical places status monitoring of transport aircraft structure. *Aerospace MAI Journal*, 2020, vol. 27, no. 4, pp. 81-91. DOI: 10.34759/vst-2020-4-81-91
13. *Aircraft Health Monitoring (AHM) integration in MSG-3*. International Maintenance Review Board Policy Board (IMRBPB), 2018, 33 p.
14. Rivas A., Fraile J.M., Chamoso P., González-Briones A., Sittón I., Corchado J.M. A Predictive Maintenance

- Model Using Recurrent Neural Networks. In: Martinez Alvarez F., Troncoso Lora A., Sáez Muñoz J., Quintián H., Corchado E. (eds) *14th International Conference on Soft Computing Models in Industrial and Environmental Applications (SOCO 2019)*. Advances in Intelligent Systems and Computing. Vol. 950. Springer, Cham. DOI: 10.1007/978-3-030-20055-8\_25
15. *Mezhhgosudarstvennyi standart. Sistema tekhnicheskogo obsluzhivaniya i remonta tekhniki. Terminy i opredeleniya. GOST 18322-2016* (Interstate Standard. System of technical maintenance and repair of equipment. Terms and definitions. State Standard 18322-2016), Moscow, Standartinform, 2013, 16 p.
  16. *Natsional'nyi standart Rossiiskoi Federatsii. Sistemy promyshlennoi avtomatizatsii i integratsiya. Sistemy tekhnicheskogo obsluzhivaniya i remonta. Terminy i opredeleniya. GOST R 57329-2016/EN 13306:2010* (Automation systems and integration. Maintenance and repair systems. Terms and definitions. State Standard R 57329-2016/EN 13306:2010), Moscow, Standartinform, 2020, 23 p.
  17. *Mezhhgosudarstvennyi standart. Sistema tekhnicheskogo obsluzhivaniya i remonta tekhniki pokazateli dlya otsenki remontoprigradnosti. Terminy i opredeleniya. GOST 21623-76* (System of technical maintenance and repair of equipment. Characteristics for evaluation of maintainability and repairability. Terms and definitions. State Standard 21623-76), Moscow, Standartinform, 2006, 16 p.
  18. Bronnikov A.M. *Nauchnyi Vestnik MGTU GA*, 2017, vol. 20, no. 6, pp. 89-98. DOI: 10.26467/2079-0619-2017-20-6-89-98
  19. Demidova L.A. Recurrent neural networks' configurations in the predictive maintenance problems. *Workshop on Materials and Engineering in Aeronautics (16–17 October 2019; Moscow)*. Moscow, Institute of Physics Publishing, 2020. DOI: 10.1088/1757-899X/714/1/012005
  20. Vlasov A.I., Grigor'ev P.V., Krivoshein A.I. *Nadezhnost' i kachestvo slozhnykh system*, 2018, no. 2(22), pp. 26-35. DOI 10.21685/2307-4205-2018-2-4
  21. Krenek J., Kuca K., Blazek P., Krejcar O., Jun D. Application of Artificial Neural Networks in Condition Based Predictive Maintenance. In: Król D., Madeyski L., Nguyen N. (eds) *Recent Developments in Intelligent Information and Database Systems. Studies in Computational Intelligence*, 2016, vol. 642. Springer, Cham. DOI: 10.1007/978-3-319-31277-4\_7
  22. Günnemann N., Pfefer J. Predicting defective engines using convolutional neural networks on temporal vibration signals. *Proceedings of Machine Learning Research*, 2017, vol. 74, pp. 92-102.

Статья поступила в редакцию 18.11.2021; одобрена после рецензирования 27.11.2021; принята к публикации 27.11.2021.

The article was submitted on 18.11.2021; approved after reviewing on 27.11.2021; accepted for publication on 27.11.2021.