

Научная статья
УДК 629.7.017.1
DOI: 10.34759/vst-2023-2-78-83

МОБИЛЬНАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПЛАТФОРМА КАК ТЕХНОЛОГИЯ И ИНСТРУМЕНТАРИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЙ В УСЛОВИЯХ КРИТИЧЕСКИ ВАЖНОГО БЫСТРОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ПРОИЗВОДСТВА ИЗДЕЛИЙ НЕБОЛЬШОЙ СЕРИЙНОСТИ

Сергей Викторович Ганин¹, Олег Сергеевич Долгов², Борис Борисович Сафоклов³✉

¹ ПАО «Ил», Объединённая авиастроительная корпорация (ОАК),
Москва, Россия

^{2,3} Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет),
Москва, Россия

² dolgov@mai.ru

³ safoklovbb@mai.ru ✉

Аннотация. Рассмотрена необходимость внедрения модели «Мобильная технологическая платформа» в новой системе взаимоотношений между производителем и эксплуатантом в Индустрии 4.0, а именно Модели для быстрого развертывания производства изделий небольшой серийности, расположенного в непосредственной близости от места эксплуатации. Продуктами этой платформы являются как законченные изделия, спроектированные под быстро изменяющиеся условия применения (в первую очередь боевые условия) или быстроизменяющиеся запросы эксплуатанта, так и небольшая серия регулярных деталей для обслуживания и ремонта техники.

Ключевые слова: мобильная технологическая платформа, Индустрия 4.0, технологическое проектирование, летательный аппарат

Для цитирования: Ганин С.В., Долгов О.С., Сафоклов Б.Б. Мобильная технологическая платформа как технология и инструментарий, используемый в условиях критически важного быстрого проектирования и производства изделий небольшой серийности // Вестник Московского авиационного института. 2023. Т. 30. № 2. С. 78–83. DOI: 10.34759/vst-2023-2-78-83

Original article

MOBILE TECHNOLOGICAL PLATFORM AS A TECHNOLOGY AND TOOLKIT EMPLOYED UNDER CONDITIONS OF CRITICALLY IMPORTANT RAPID DESIGN AND PRODUCTION OF SMALL-BATCH PRODUCTS

Sergei V. Ganin¹, Oleg S. Dolgov², Boris B. Safoklov³✉

¹ PAO “Il”, United Aircraft Corporation (UAC),
Moscow, Russia

^{2,3} Moscow Aviation Institute (National Research University),
Moscow, Russia

² dolgov@mai.ru

³ safoklovbb@mai.ru ✉✉

Abstract

The current reality of the relationship between the manufacturer and operator is developing in the direction of ultra-fast response to the needs of the customer or the conditions of use of products, both in the civilian sector and in the military. The mature production structure does not allow such interaction being accomplished effectively. Application of the new model of such system of interaction between the designer, producer and operator “Mobile Technological Platform” is being proposed as a way of this structure changing.

The mobile technological platform (MTP) is a technological process brought out from the large industrial sites (enterprises) and employed under conditions of critically important rapid design and production of small-batch products.

© Ганин С.В., Долгов О.С., Сафоклов Б.Б., 2023

The technologies used in MTP are essentially objects of the Industry 4.0 space artificial intelligence, Internet of Things, additive manufacturing, robotics, cloud storage, augmented reality, etc. Accordingly, this space, representing a digital production environment, forms a toolkit with ultra-fast computational technologies, self-developing and interconnected intellectual interactions in which decisions are made on the basis of self-learning data exchange systems in an automated mode.

The MTP existence is possible only in the space of Industry 4.0 using the appropriate tools and technologies. A space, in which quick product manufacturing according to ever varying requests of customer satisfaction, is possible due to the technology and production methods being used.

A participant in the MTP reality does not necessarily have to possess gigantic industrial resources for development, but must be integrated into a system of indicators determining his belonging to modern production processes through the use of appropriate technologies. If considering the MTP exclusively in the aircraft building industry, the wide geography of various purposes aircraft operation and aftersales servicing system (ASS), including maintenance and repair (M&R) should be accounted for.

More efficient ASS and M&R may be provided by integrating into this MTP system to produce parts locally, timely and in small quantities, needed all of a sudden planned according to changing operating conditions of the product. Thus, deploying rapid production (MTP) next to the operators, it is possible to form a more efficient and at the same time no less reliable supply system compared to the one that exists in various implementations today.

The mobile technology platform is a model of a new system of relations between the designer manufacturer and the operator in industry 4.0. Due to the rapid deployment of production of small–batch products, it will be possible to reduce the volume of warehousing, simplify the inventory management system of parts and components, eliminate long-distance transportation and total time spent on the supply chain, as well as save financial costs for paying for a large the number of specialists accompanying these processes.

The need for the MTP forming is obvious in conditions of competitive requirements of the rapidly changing environment. The place of the MTP existence is the space of Industry 4.0 with its technologies and tools.

Keywords: mobile technological platform, industry 4.0, technological design, aircraft

For citation: Ganin S.V., Dolgov O.S., Safoklov B.B. Mobile Technological Platform as a Technology and Toolkit Employed under Conditions of Critically Important Rapid Design and Production of Small-Batch Products. *Aerospace MAI Journal*, 2023, vol. 30, no. 2, pp. 78-83. DOI: 10.34759/vst-2023-2-78-83

Введение

Современная картина в системе взаимоотношений проектировщика, производителя и эксплуатанта представлена в упрощенном виде на рис. 1.

В этой системе проектировщик и производитель находятся в рамках определенных и установленных требований к изделию, а эксплуатант исходит из актуальных современных потребностей [1], которые могут меняться в зависимости от условий эксплуата-

ции изделия, от изменения задач, решаемых изделием, от запросов на улучшение качества и других факторов. Однако в данной системе взаимоотношений ответная реакция на внесение изменений в конструкцию и в производство обновленного изделия на основании запросов эксплуатантов (в военной сфере – в боевой обстановке) или в гражданской сфере – по причине возросших требований к качеству изделия и из-за смены условий эксплуатации – совершенно не оперативна. Сложившаяся система взаимоотношений не может обеспечить проектирование и производство серийных изделий в условиях, когда критически важно в течение нескольких дней или, тем более, часов ответить на вызов по изменению потребностей [2], внести изменения в конструкцию и выпустить небольшую серию, обеспечив присутствие изделий по месту эксплуатации для решения задач [3].

1. Модель «Мобильная технологическая платформа»

Решить задачу быстрого проектирования и выпуска продукции небольшой серии с внесенными согласно запросам эксплуатанта конструктивными или иными изменениями в короткий временной период не позволяет уклад современной индустрии, в котором существует граница принятия решений, представленная на графике кривой эффективности по Парето (рис. 2). Описываемое графиком требование к скорости производства изделий небольшой серийности основано на

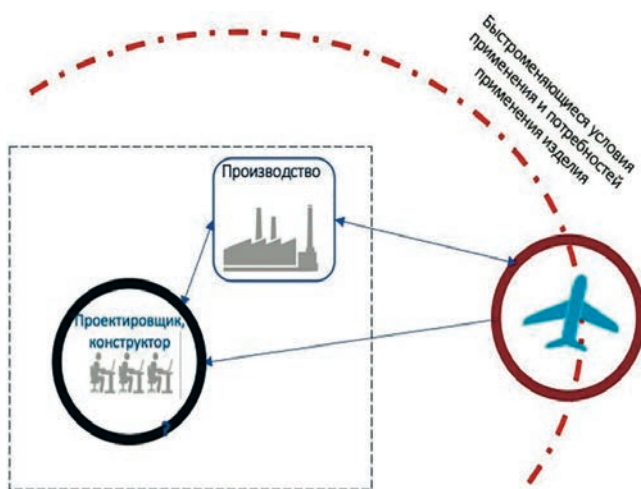


Рис. 1. Существующая система взаимоотношений проектировщика, производителя и эксплуатанта

определении зависимости обратной пропорциональности времени на изготовление $1/T$ продукции от его количества N . При движении в сторону небольшой серийности классический промышленный уклад предприятий стейкхолдеров (заинтересованных лиц) сталкивается с ограничением по времени (производственная логистика и проектирование) и по серийности в точках на границе неуправляемых решений кривой Парето [4].

Конкурентное решение поставленной задачи, находящейся в точке P за пределами области ограничений Парето — это пространство Индустрии 4.0, использующее соответствующие технологии (рис. 2). У этого пространства другие границы, пока не определенные в рамках существующих размерностей или систем координат; оно характеризуется не постоянной скоростью производства υ серии изделий N за время T , а ускорением, вычисляемым как вторая производная $a = dn/dt$; в этом пространстве существует противник, также постоянно адаптирующийся под вносимые изменения в своем противодействии изделиям, и отсутствуют константы удовлетворенностей клиента.

Чтобы преодолеть границу, установленную кривой эффективности по Парето и оказаться в точке P , необходимо сформировать новые взаимоотношения между участниками процесса, а именно **МОБИЛЬНУЮ ТЕХНОЛОГИЧЕСКУЮ ПЛАТФОРМУ (МТП)**, в которой часть функции проектирования и производства небольшой серии изделий или их модификаций N_n передана эксплуатанту на базе мобильных технологических платформ в локации применения изделия.

Точка P графика на кривой ожидания, находящаяся за пределами графика эффективности по Парето, является критически важным конкурентным маркером в области эффективного ответа на вызов сверхбыстрых изменений в потребном облике и характеристике изделий. Реализация в этой точке за границами неуправляемых решений возможна только новой модели. В этой точке реализуется модель МТП, использующая инструментарий и совокупность технологий пространства концепции Индустрии 4.0.

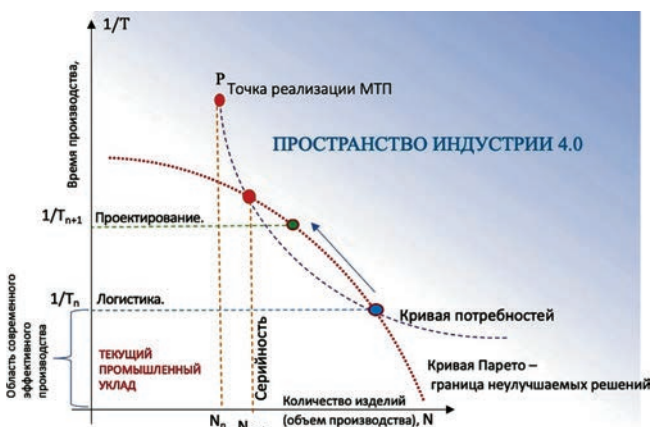


Рис. 2. График ограничений возможностей современного промышленного производства изделий небольшой серии и точка реализации МТП

2. Определение мобильной технологической платформы

Сложившаяся реальность для решения обозначенной проблемы диктует нам необходимость изменений, и эти изменения возможны только в случае выхода за границу сформированного базиса современных промышленных платформ [5–7] и платформизации [8–11] в рамках концепции Индустрия 4.0, где технологическая платформа выступает как новая модель комплекса знаний в системе накопления и обмена данными и для работы в меняющихся потребностях с помощью новых производственных технологий [12]. Модель МТП невозможно реализовать вне концепции Индустрия 4.0 без ее способов обработки информации, инструментов принятия решений, без новых типов производств и энергетики этих производств — уникальной технологии платформенных решений [13].

Опираясь на вышесказанное, сформулируем определение для этой платформы в рамках концепции Индустрия 4.0:

«Мобильная технологическая платформа (МТП)» — это модель новой системы взаимоотношений между проектантом, производителем и эксплуатантам в Индустрии 4.0, которая описывает производство быстрого развертывания с небольшой серийностью и расположенного в непосредственной логистической близости от места эксплуатации продукции. Продуктами МТП являются как законченные изделия — модификация серийных изделий, спроектированных как ответ под быстро изменяющиеся условия применения (в первую очередь боевые условия) этих изделий или быстроизменяющиеся запросы эксплуатанта, так и небольшая серия регулярных деталей для обслуживания и ремонта техники.

3. Инструменты мобильной технологической платформы

Очевидно, что инструменты и технологии, используемые в МТП, по сути являются объектами пространства Индустрии 4.0 [14,15], представленного на рис. 3 (искусственный интеллект, интернет вещей, аддитивное производство, робототехника, облачные хранения, дополненная реальность и т. д.). Это пространство формирует инструментарий со сверхбыстрыми расчетными технологиями, саморазвивающихся и взаимосвязанных интеллектуальных взаимодействий, в которых решения принимаются на основании самообучающихся систем обмена данными, в автоматизированном режиме в цифровой среде производства (рис. 4).

4. Мобильная технологическая платформа в авиастроении

Предметом специализации авторов данной работы является авиастроение, одна из отраслей производства изделий как одноразового, так и длительного пользования, учитывающая особенности условий применения летательного аппарата, в том числе и одноразового использования, и необходимость поддержания работоспособности изделия в период послепродажного обслуживания или изменения конструкции под требования пользователя. По сути, этот сектор априори

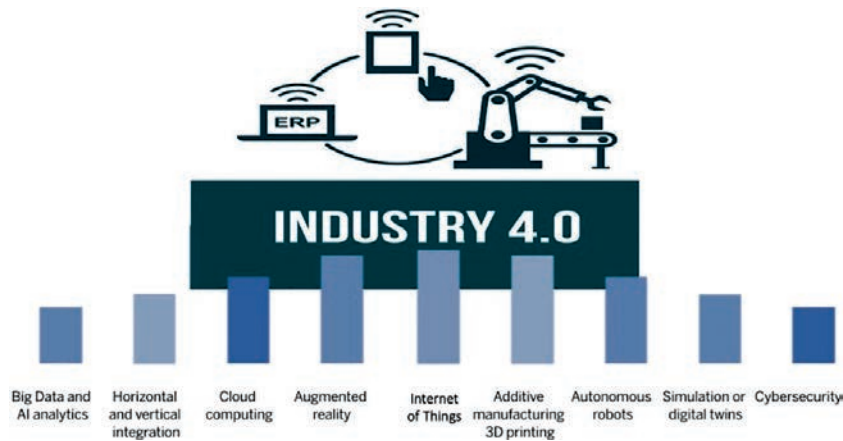


Рис. 3. Технологии концепции Индустрия 4.0

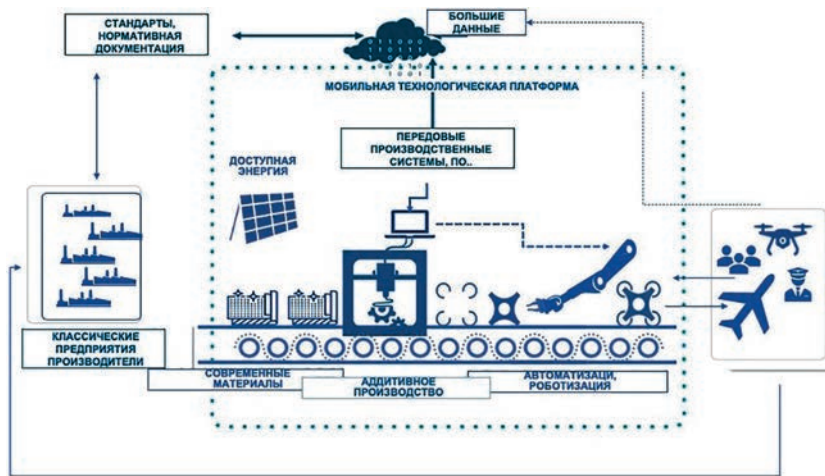


Рис. 4. Инструментарий мобильной технологической платформы

способствует внедрению и развитию новых технологий [16], и, соответственно, наличию в нем высококвалифицированных специалистов.

Современные реалии показывают, что с учетом обширной географии эксплуатации ЛА в системе МТП может стать одним из инструментов послепродажного обслуживания в системе технического обслуживания и ремонта (ТОиР) [17], располагаясь в локации применения ЛА, обеспечивая эксплуатанта запасными частями своевременно и в небольшом количестве, необходимыми внезапно или запланированно по меняющимся условиям эксплуатации изделия.

Неоспоримые последующие выгоды от внедрения МТП будут заключаться в сокращении объемов складирования, в упрощении системы управления запасами деталей и компонентов, в исключении дальней транспортировки и общих временных затрат на цепочку поставок [18, 19], в экономии финансовых затрат на оплату большого числа сопровождающих эти процессы специалистов за счет быстрого развертывания производства изделий небольшой серийности [20].

Выводы

Мобильная технологическая платформа – это модель новой системы взаимоотношений между про-

ектировщиком, производителем и эксплуатантом в Индустрии 4.0. Необходимость формирования МТП очевидна в условиях конкурентных требований быстроменяющейся обстановки. Место существования МТП – пространство Индустрии 4.0 с ее технологиями и инструментами.

Список источников

1. *Погосян М.А., Братухин А.Г., Савельевских Е.П. и др. CALS-технологии при создании самолета SSJ100 // Вестник машиностроения. 2017. № 5. С. 60–65.*
2. *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*
3. *Метечко Л.Б., Тихонов А.И., Сорокин А.Е., Новиков С.В. Влияние экологических нормативов на развитие авиационного двигателестроения // Труды МАИ. 2016. № 85. URL: <https://trudymai.ru/published.php?ID=67495>*
4. *Блауг М. Экономическая теория благосостояния Парето // Экономическая мысль в ретроспективе / Пер. с англ. – 4-е изд. – М.: Дело, 1994. С. 540–561.*
5. *Аржанцев С.А., Писарев С.Л., Колязина Е.В., Фролова А.А. Формирование технологических платформ как нового инструмента*

- инновационного развития экономики // Вопросы экономики и управления. 2017. № 2(9). С. 18-21. URL: <https://moluch.ru/th/5/archive/58/2124/>
6. Jacobides M.G., Cennamo C., Gawer A. Towards a Theory of Ecosystems // *Strategic Management Journal*. 2018. Vol. 39. No. 8. DOI: 10.1002/smj.2904
 7. Бебешко И.Ю. Технологические платформы как инструмент содействия инновационному развитию российской экономики // Теория и практика общественного развития. 2012. № 12. С. 506–508.
 8. Герасименко О.А., Давыдова Я.Е., Фролова А.А. Экономическая сущность технологических платформ и особенности функционирования организационно-экономического механизма Евразийской сельскохозяйственной технологической платформы // Прикладные экономические исследования. 2017. № 4(20). С. 14–21.
 9. Гелисханов И.З., Юдина Т.Н., Бабкин А.В. Цифровые платформы в экономике: сущность, модели, тенденции развития // Научно-технические ведомости СПб ГПУ. Экономические науки. 2018. Т. 11. № 6. С. 22–36. DOI: 10.18721/JE.11602
 10. Mack O., Khare A. Perspectives on a VUCA world // In: Mack O., Khare A., Krämer A., Burgartz T. (eds) *Managing in a VUCA world*. - NY: Springer, Cham, 2016, pp. 3-19. DOI: 10.1007/978-3-319-16889-0_1
 11. Антипина О.Н. Платформы как многосторонние рынки эпохи цифровизации // Мировая экономика и международные отношения. 2020. Т. 64. № 3. С. 12–19. DOI: 10.20542/0131-2227-2020-64-3-12-19
 12. Porter M.E., Heppelmann J.E. How smart, connected products are transforming competition // *Harvard Business Review*. 2014. Vol. 92. No. 11, pp. 64-88.
 13. Hagiu A., Wright J. Multi-sided platforms // *International Journal of Industrial Organization*. 2015. Vol. 43, pp. 162-174. DOI: 10.2139/ssrn.2794582
 14. Юдина М.А. Индустрия 4.0: перспективы и вызовы для общества // Государственное управление. Электронный вестник. 2017. № 60. С. 197–215.
 15. Herrmann M., Pentek T., Otto B. Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios // 49th Hawaii International Conference on System Sciences (05-08 January 2016; Koloa, HI, USA), pp. 3928-3937. DOI: 10.1109/HICSS.2016.488
 16. Анамова Р.Р. Автоматизация подготовки аддитивного производства изделий авиационной техники // Труды МАИ. 2015. № 82. URL: <https://trudymai.ru/published.php?ID=58823>
 17. Долгов О.С., Сафоклов Б.Б., Смагин А.А. Диагностика и прогнозирование ресурса взлетно-посадочных устройств с использованием искусственных нейронных сетей // Известия высших учебных заведений. Авиационная техника. 2022. № 2. С. 3–10.
 18. Бибиков С.Ю., Долгов О.С., Сухоруков С.В. Теоретические основы проектирования самолетов: Учебное пособие. – М.: Изд-во МАИ, 2021. С. 3–6.
 19. Баутин А.А., Свирицкий 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
 20. Дуняшев Д.А., Голдовский А.А., Правидло М.Н. Проблемы проектирования системы старта малогабаритного беспилотного летательного аппарата методом свободного сброса // Вестник Московского авиационного института. 2022. Т. 29. № 1. С. 27–35. DOI: 10.34759/vst-2022-1-27-35

References

1. Pogosyan M.A., Bratukhin A.G., Savel'evskikh E.P. et al. *Vestnik mashinostroeniya*, 2017, no. 5, pp. 60-65.
2. Dolgov O.S., Safoklov B.B. Developing maintenance and refurbishment model of aerial vehicles with artificial neural network applicaion. *Aerospace MAI Journal*, 2022, vol. 29, no. 1, pp. 19-26. DOI: 10.34759/vst-2022-1-19-26
3. Metechko L.B., Tikhonov A.I., Sorokin A.E., Novikov S.V. *Trudy MAI*, 2016, no. 85. URL: <https://trudymai.ru/eng/published.php?ID=67495>
4. Blaug M. *Economic Theory in retrospect*, 5th ed., Cambridge University Press, 1997, 725 p.
5. Arzhantsev S.A., Pisarev S.L., Kolyazina E.V., Frolova A.A. *Voprosy ekonomiki i upravleniya*, 2017, no. 2(9), pp. 18-21. URL: <https://moluch.ru/th/5/archive/58/2124/>
6. Jacobides M.G., Cennamo C., Gawer A. Towards a Theory of Ecosystems. *Strategic Management Journal*, 2018, vol. 39, no. 8. DOI: 10.1002/smj.2904
7. Bebeshko I.Yu. *Teoriya i praktika obshchestvennogo razvitiya*, 2012, no. 12, pp. 506-508.
8. Gerasimenko O.A., Davydova Ya.E., Frolova A.A. *Prikladnyye ekonomicheskie issledovaniya*, 2017, no. 4(20), pp. 14-21.
9. Geliskhanov I.Z., Yudina T.N., Babkin A.V. Nauchno-tehnicheskie vedomosti SPb GPU. *Ekonomicheskie nauki*, 2018, vol. 11, no. 6, pp. 22–36. DOI: 10.18721/JE.11602
10. Mack O., Khare A. Perspectives on a VUCA world. In: Mack O., Khare A., Krämer A., Burgartz T. (eds) *Managing in a VUCA world*. NY: Springer, Cham, 2016, pp. 3-19. DOI: 10.1007/978-3-319-16889-0_1
11. Antipina O. Platforms as Multi-Sided Markets of the Digital Age. *World Economy and International Relations*, 2020, vol. 64, no. 3, pp. 12-19. DOI: 10.20542/0131-2227-2020-64-3-12-19
12. Porter M.E., Heppelmann J.E. How smart, connected products are transforming competition. *Harvard Business Review*, 2014, vol. 92, no. 11, pp. 64-88.
13. Hagiu A., Wright J. Multi-sided platforms. *International Journal of Industrial Organization*, 2015, vol. 43, pp. 162-174. DOI: 10.2139/ssrn.2794582
14. Yudina M.A. Industry 4.0: *Opportunities and Challenges*, 2017, pp. 197-215
15. Herrmann M., Pentek T., Otto B. Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios. *49th Hawaii International Conference on System Sciences (05-08 January 2016; Koloa, HI, USA)*, pp. 3928-3937. DOI: 10.1109/HICSS.2016.488
16. Anamova R.R. *Trudy MAI*, 2015, no. 82. URL: <https://trudymai.ru/eng/published.php?ID=58823>
17. Dolgov O.S., Safoklov B.B., Smagin A.A. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Aviatsionnaya tekhnika*, 2022, no. 2, pp. 3-10.
18. Bibikov S.Yu., Dolgov O.S., Sukhorukov S.V. *Teoreticheskie osnovy proektirovaniya samoletov* (Theoretical foundations of aircraft design), Moscow, MAI, 2021, pp. 3-6.

19. 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
20. Dunnyashev D. A., Goldovskii A. A., Pravidlo M. N. Design problems of a small-size unmanned aerial vehicle launching system by free fall method. *Aerospace MAI Journal*, 2022, vol. 29, no. 1, pp. 27-35. DOI: 10.34759/vst-2022-1-27-35

Статья поступила в редакцию 19.04.2023; одобрена после рецензирования 24.04.2023; принята к публикации 28.04.2023.

The article was submitted on 19.04.2023; approved after reviewing on 24.04.2023; accepted for publication on 28.04.2023.