

РАЗРАБОТКА СТИЛЕВОГО И КОМПОНОВОЧНОГО РЕШЕНИЙ ПЯТИКООРДИНАТНОГО ФРЕЗЕРНОГО СТАНКА

Е.А. Егорова

elizabethinspire18@mail.ru

SPIN-код: 6955-2090

А.С. Изотов

izotovas@bmstu.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация

Аннотация

Представлен процесс модернизации фрезерного пятикоординатного ЧПУ-станка с точки зрения дизайна, а именно посредством разработки стилового и компоновочного решений. На этапе концептуального поиска было разработано несколько вариантов компоновочного решения станка, определены стилистические направления, которые продемонстрированы с помощью оригинальных авторских иллюстраций, полученных в рамках работы над проектом. Также представлены 3D-визуализация итоговой дизайн-концепции станка и фотография макета. В процессе работы был задействован широкий спектр дизайнерских методов и инструментов, среди которых эскизирование, 3D-моделирование, макетирование. Сделаны выводы о необходимости привлечения промышленных дизайнеров к разработке конкурентоспособного отечественного оборудования.

Ключевые слова

Дизайн, промышленный дизайн, дизайн-проектирование, 3D-моделирование, станкостроение, фрезерный станок, дизайн-мышление, эргономика

Поступила в редакцию 10.07.2023

© МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2023

Введение. На сегодняшний день существуют две основных группы методов производства: аддитивные и субтрактивные технологии. Под аддитивными технологиями понимают послойное наращивание и синтез объектов, в то время как субтрактивные технологии предполагают удаление лишнего материала [1]. Ко второй группе относят разнообразные способы механической обработки, среди которых наиболее популярны точение и фрезерование. В настоящее время фрезерные станки считают универсальным производственным оборудованием и используют повсеместно для самых различных задач; большинство современных фрезерных станков оснащены системой числового программного управления (ЧПУ), что делает их еще более востребованными. Современный станок представляет собой сверхсложное изделие, которое служит интегральным показателем развития промышленности в стране [2].

Цель данной работы — провести модернизацию пятикоординатного фрезерного станка с ЧПУ (далее — станок 5ОС). Для реализации обозначенной цели были поставлены следующие задачи:

- разработать оптимальную компоновку, удовлетворяющую потребности современных пользователей и производств;
- провести эргономический анализ;
- выполнить концептуальный поиск стилистических решений станка;
- создать фотореалистичные изображения итоговой концепции.

Станок 5ОС можно использовать в производстве реквизита сложной формы, рекламных конструкций, корпусных изделий из мягких материалов, матриц пресс-форм, а также для макетирования и прототипирования.

Согласно правилам, указанным в стандарте ИСО 841–74 и ГОСТ 23597–79, в станках с ЧПУ могут быть три координатные оси — X , Y , Z (линейные) и три круговые — A , B , C . Использовать при этом можно координатную систему прямоугольного или полярного вида¹. В станке 5ОС помимо линейных координатных осей X , Y , Z реализованы угловая координата B (наклон шпинделя) и угловая координата C (качение шпинделя). Данная кинематика делает продукт уникальным на мировом рынке, поскольку в большинстве современных пятикоординатных фрезерных станков дополнительные координаты реализованы с помощью поворотного стола [3], а не поворотной головы, как в 5ОС.

Размеры рабочей зоны станка 600×600×400 мм. Высота до 2500 мм (при максимальной высоте привода Z), ширина 1050 мм, глубина 1120 мм. В комплекте со станком также находится электрошкаф, в котором располагаются плата управления, пускатели, автоматы, блоки питания, драйверы двигателей, частотный преобразователь для шпинделя и другие элементы электроники станочного оборудования [4].

Поиск компоновочного решения станка. В рамках данного проекта компоновочное решение должно включать в себя комплектацию станка (состав элементов), взаимное расположение этих элементов относительно друг друга и всей системы, взаимосвязи между этими элементами. В такой сложной системе с большим числом элементов при поиске оптимального компоновочного решения важны соподчинение, соразмерность, единство [5]. Проектируемая система будет состоять из кабины станка и блока управления и предусматривать подведение стружкосборника/вытяжной установки.

На основе проведенных ранее дизайн-исследований и дизайн-анализа аналогов можно выделить следующие компоновочные схемы станка (рис. 1):

- настольный вариант, где персональный компьютер (ПК) интегрирован в кабину станка;

¹ ГОСТ 23597–79. Станки металлорежущие с числовым программным управлением. Обозначение осей координат и направлений движений. Общие положения. Москва, Издательство стандартов, 1979, 15 с.

- базовый вариант, где ПК размещается на отдельном столе или на электрощкафе, что неудобно и небезопасно;
- дисплей ЧПУ вынесен на кронштейне;
- с автономной стойкой ЧПУ;
- с мобильным блоком управления (тип тележки, на которой возможно разместить ПК, или интегрировать дисплей).

Шланги аспирации, баки со стружкой, элементы системы управления (ПК и прочее) — все «опутывает» фрезерный станок и часто не позволяет уплотнить системы и разместить их на малой площади, в ограниченном пространстве, которое можно закрыть кожухом [6]. В связи с этим возникла идея компоновочного решения кабины станка с функциональными модулями [7]; так было сформировано итоговое компоновочное решение станка напольного типа (рис. 2). Данная компоновка предполагает размещение небольшой вытяжной установки в основании станка (опция для отвода стружки), а блока управления, электроники и ящика для хранения инструментов — в функциональном модуле (контуром с длинными штрихами обозначены монтажные дверцы).

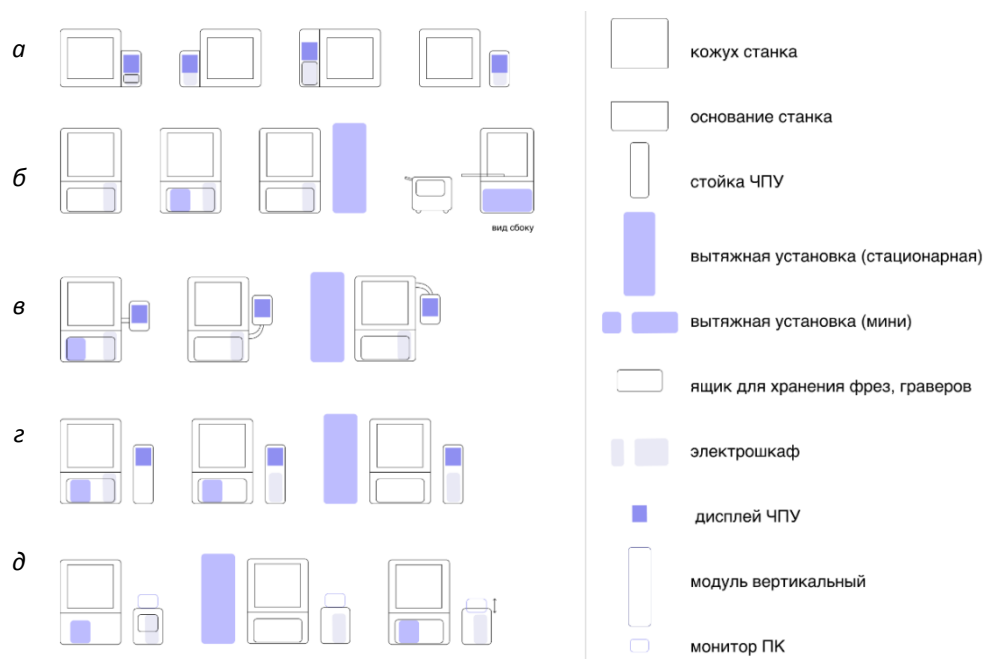


Рис. 1. Поисковые компоновочные схемы станка:

a — настольный; *б* — базовый; *в* — дисплей ЧПУ на кронштейне;
г — со стойкой ЧПУ; *д* — с мобильным блоком управления

Указанные параметры необходимо учитывать при проектировании дверцы кабины и амплитуды ее раскрытия для удобства загрузки заготовки, уровней

ручки и панели управления; в зоне досягаемости должны находиться все основные элементы станка².

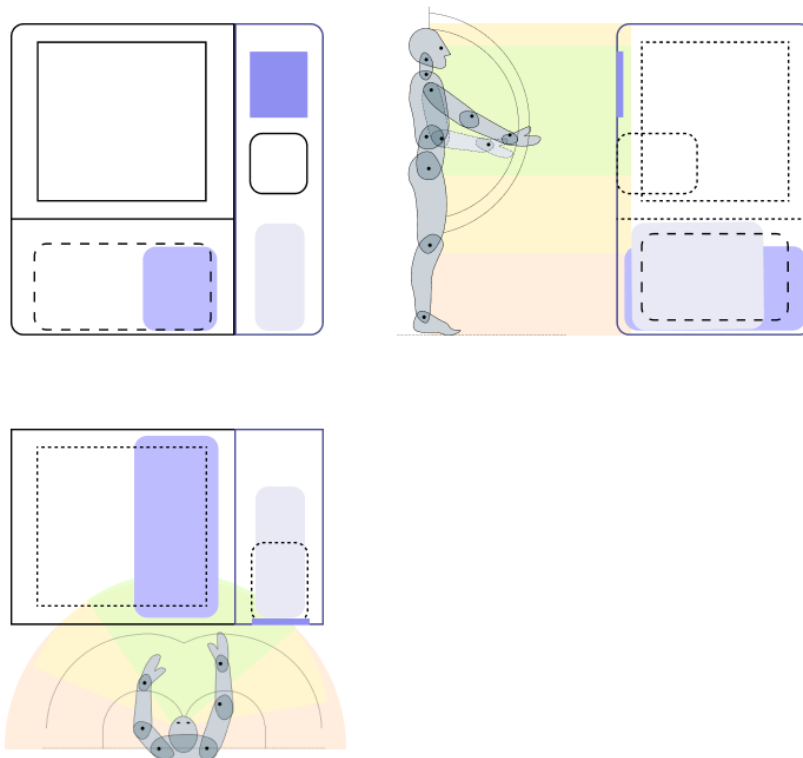


Рис. 1. Эскиз итогового компоновочного решения станка напольного типа с интеграцией эргонома и зонами досягаемости

Панель управления большинства станков расположена справа от рабочей зоны, так как операторы чаще всего правши [8]. При этом в случае с распашной дверцей кабины станка важно, чтобы дверца в открытом положении не перекрывала доступ к панели управления.

Поиск стиливого решения станка. Основная цель эскизирования на данном этапе — поиск образа продукта в соответствии с концепцией, определение стилистического направления проекта [9]. В некоторых эскизах увеличена площадь смотровой области, а также усложнена геометрия в местах смотровых окон и на блоке. Одним из наиболее выразительных является стилистическое направление, где присутствует характерная линия, делящая конструкцию, а в верхней части — также некий контрастный элемент, созвучный этой линии (рис. 3). В смотровые окна интегрирован элемент, материал которого менее прозрачен по сравнению с материалом самого окна.

² ГОСТ 12.2.049–80. Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие эргономические требования. Москва, Стандартинформ, 2001, с. 74–88.

Большинство представленных эскизов являются комбинированными: первоначально они были отрисованы ручкой на бумаге, а затем доработаны на графическом планшете с помощью специального программного обеспечения [10].

Итоговое дизайн-решение. Итоговая визуализация (рендеринг) дизайн-концепции станка 5ОС осуществлялась с помощью программы KeyShot (рис. 4).

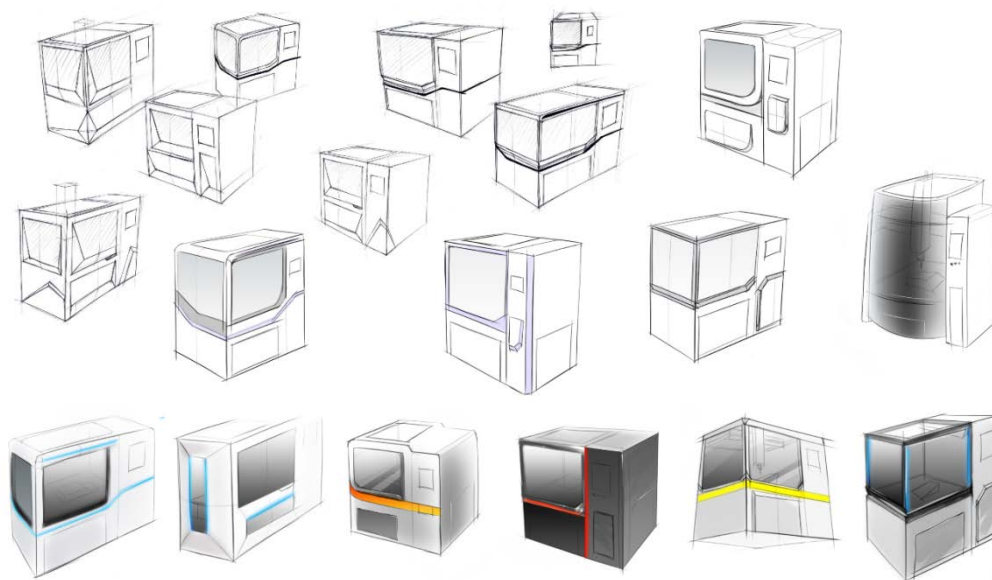


Рис. 2. Поисковые эскизы кабины станка



Рис. 3. Визуализация итоговой дизайн-концепции станка с нанесением знаков безопасности

Итоговая дизайн-концепция фрезерного станка 50С представлена кабиной напольного типа с фронтальной распашной дверцей и боковым смотровым окном. Ключевые характеристики итоговой дизайн-концепции станка 50С:

- стилевое единство;
- безопасность и эргономичность (продуманы сценарии использования, проработаны зоны досягаемости);
- конструкция кабины не препятствует охлаждению станка;
- освещенность рабочей зоны станка;
- оптимизация использования производственных площадей.

Для оптимальной компоновки кабины кабель-каналы X и Y были перенесены вправо, к функциональному модулю. Оригинальная кинематика станка при этом сохранилась, однако данное компоновочное решение позволило рационально организовать пространство [7]. Функциональный модуль кабины станка 50С включает в себя блок управления (сенсорный дисплей и несколько механических кнопок), ящик для фрез, а также предусматривает возможность подведения системы сбора стружки.

Для наблюдения за процессом обработки предусмотрены смотровые окна. При этом в кабине обеспечен достаточный уровень освещенности рабочей зоны (рис. 5).

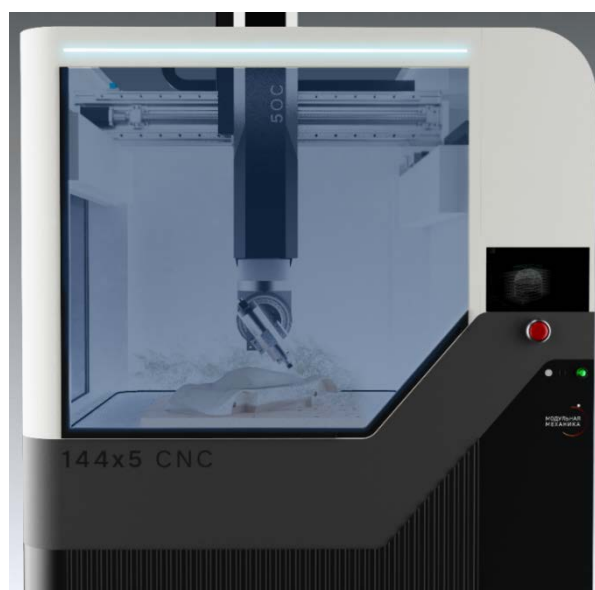


Рис. 4. Визуализация подсветки в кабине станка 50С

Данный вариант кабины не ограничивает движение воздуха вокруг оборудования, при этом обеспечивает защиту от разлета стружки и распространения

шума. Скругленные ребра кабины способствуют меньшему скоплению пыли (как это происходило бы при прямых углах).

Итоговое макетирование. Итоговый (презентационный) макет дизайн-концепции фрезерного станка выполнен в масштабе 1 : 10. Итоговый макет является комбинированным, поскольку при его изготовлении использовалось несколько видов материалов и технологий (резка листового пластика и акрила, аддитивные технологии) [10]. Поскольку сам станок не служит предметом разработки в данном проекте, его конструкционные элементы в итоговом макете обобщены, упрощены либо заменены аналоговыми.

Итоговый макет станка 5ОС позволит продемонстрировать компоновку основных элементов, степень технологичности конструкции кабины и затрат окружающего пространства вокруг станка (рис. 6).

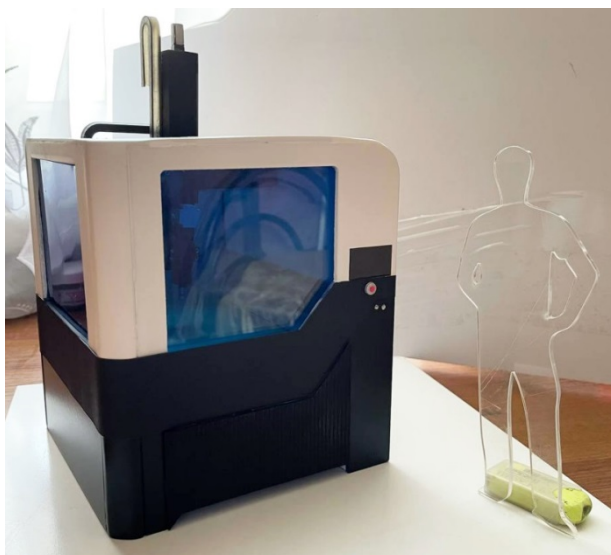


Рис. 5. Итоговый макет станка в масштабе 1:10

Заключение. В работе осуществлена модернизация фрезерного пятикоординатного станка с ЧПУ посредством разработки стиливого и компоновочного решений, которые позволят вывести новый отечественный продукт на рынок и сделать его востребованным. В результате последовательного выполнения поставленных задач было предложено системное дизайн-решение пятикоординатного фрезерного станка, включающее в себя кабину с интегрированным блоком управления.

В глобальном плане данный проект может способствовать формированию новой, жизнеспособной и человекоориентированной проектной культуры, а также более активному вовлечению промышленных дизайнеров в процессы разработки оборудования.

Литература

- [1] Слюсар В.И. Фаббер-технологии: сам себе конструктор и фабрикант. *Конструктор*, 2002, № 1, с. 5–7.
- [2] Баурина С.Б., Савченко Е.О. Современные технологические тренды развития станкостроения России. *Вестник РЭА им. Г.В. Плеханова*, 2019, № 2 (104). <http://doi.org/10.21686/2413-2829-2019-2-81-92>
- [3] Дожделев А.М., Лаврентьев А.Ю., Какорин Д.Д., Туляев И.П. Компоновка фрезерных станков с ЧПУ. *Международный журнал гуманитарных и естественных наук*, 2022, № 12-2, с. 126–129. <http://doi.org/10.24412/2500-1000-2022-12-2-126-129>
- [4] Чернянский П.М., ред. *Проектирование автоматизированных станков и комплексов. В 2 т. Т. 1*. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012, 336 с.
- [5] Синельников М.А. *Основы композиции в промышленном дизайне*. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2013, 11 с.
- [6] *Защитный кожух для фрезерного станка с ЧПУ. Infofrezer*. URL: <https://infofrezer.ru/stati/zashchitnyj-kozhukh-dlya-frezernogo-stanka-s-chpu/> (дата обращения 02.04.2023).
- [7] *Дизайн-мышление. Методическое руководство по применению человекоориентированного подхода к проектированию*. Москва, Лаборатория Wonderfull, 2020, 69 с.
- [8] Гонсалес-Сабатер А. Комплексный подход к автоматизации проектирования технологического процесса механообработки. *Проблемы машиностроения и автоматизации*, 2016, № 2, с. 125–131.
- [9] Браун Т. *Дизайн-мышление в бизнесе. От разработки новых продуктов до проектирования бизнес-моделей*. Москва, Манн, Иванов и Фербер, 2018, 245 с.
- [10] Робертсон С., Бертлиг Т. *Искусство рисования: рисование эскизов объектов и пространства из воображения*. Design Studio Press, 2013, 208 с.

Егорова Елизавета Анатольевна — студентка кафедры «Промышленный дизайн», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

Изотов Антон Сергеевич — старший преподаватель кафедры «Промышленный дизайн», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

Просьба ссылаться на эту статью следующим образом:

Егорова Е.А., Изотов А.С. Разработка стиливого и компоновочного решений пятикоординатного фрезерного станка. *Политехнический молодежный журнал*, 2023, № 09 (86). <http://dx.doi.org/10.18698/2541-8009-2023-9-938>

DEVELOPMENT OF STYLE AND LAYOUT SOLUTIONS FOR A FIVE-AXIS MILLING MACHINE

E.A. Egorova

elizabethinspire18@mail.ru

SPIN-code: 6955-2090

A.S. Izotov

izotovas@bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation

Abstract

The paper presents the process of modernizing a five-axis CNC milling machine using the design approach, i.e. through development of the style and layout solutions. Several options were developed for the machine layout at the conceptual search stage, and stylistic areas were identified, they were demonstrated using the original author's illustrations obtained as part of the project work. Besides, the paper presents a 3D visualization of the machine final design concept and the layout photo. The work process involved a wide range of design methods and tools, including sketching, 3D simulation and prototyping. Conclusions were drawn about the need to involve industrial designers in development of the competitive domestic equipment.

Keywords

Design, industrial design, engineering design, 3D simulation, machine tool industry, milling machine, design thinking, ergonomics

Received 10.07.2023

© Bauman Moscow State Technical University, 2023

References

- [1] Slyusar V.I. Fabber technologies: your own designer and manufacturer. *Konstruktor*, 2002, no. 1, pp. 5–7. (In Russ.).
- [2] Baurina S.B., Savchenko E.O. Current technological trends in the development of machine-tool construction in Russia. *Vestnik REA im. G.V. Plekhanova*, 2019, no. 2 (104). <http://dx.doi.org/10.21686/2413-2829-2019-2-81-92>
- [3] Dozhdelev A.M., Lavrent'ev A.Yu., Kakorin D.D., Tulyaev I.P. Types of kinematics of CNC milling machines. *International journal of humanities and natural sciences*, 2022, no. 12-2, pp. 126–129. (In Russ.). <http://doi.org/10.24412/2500-1000-2022-12-2-126-129>
- [4] *Proektirovanie avtomatizirovannykh stankov i kompleksov* [Design of automated machines and complexes]. Ed. Chernyanskiy P.M. Moscow, BMSTU Press, 2012, 336 p. (In Russ.).
- [5] Sinel'nikov M.A. *Osnovy kompozitsii v promyshlennom dizayne* [Basics of composition in industrial design]. Moscow, BMSTU Press, 2013, 11 p. (In Russ.).
- [6] *Zashchitnyy kozhukh dlya frezernogo stanka s ChPU. Infofrezer* [Protective cover for CNC milling machine. Infofrezer]. URL: <https://infofrezer.ru/stati/zashchitnyj-kozhukh-dlya-frezernogo-stanka-s-chpu/> (accessed April 04, 2023).

- [7] *Dizayn-myshlenie. Metodicheskoe rukovodstvo po primeneniyu chelovekoorientirovannogo podkhoda k proektirovaniyu* [Design thinking. Guidelines for applying a human-centered approach to design]. Moscow, Laboratoriya Wonderfull Publ., 2020, 69 p. (In Russ.).
- [8] Gonsales-Sabater A. An integrated approach to computer-aided planning process for machining. *Problemy mashinostroeniya i avtomatizatsii*, 2016, no. 2, pp. 125–131. (In Russ.).
- [9] Brown T. *Change by Design: How Design Thinking Transforms Organizations and Inspires Innovation*. Harper Business, Fletcher & Company, 2009, 272 p.
- [10] Robertson S., Bertling T. *Iskusstvo risovaniya: risovanie eskizov ob"ektov i prostranstva iz voobrazheniya* [How to Draw: drawing and sketching objects and environments from your imagination]. Design Studio Press, 2013, 208 p. (In Russ.).

Egorova E.A. — Student, Department of Industrial Design, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.

Izotov A.S. — Senior Lecturer, Department of Industrial Design, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.

Please cite this article in English as:

Egorova E.A., Izotov A.S. Development of style and layout solutions for a five-axis milling machine. *Politekhnicheskij molodezhnyy zhurnal*, 2023, no. 09 (86). (In Russ.).
<http://dx.doi.org/10.18698/2541-8009-2023-9-938>