

---

# ВЕСТНИК МГТУ «Станкин»

НАУЧНЫЙ РЕЦЕНЗИРУЕМЫЙ ЖУРНАЛ

2025 № 4 (75)

---

## СОДЕРЖАНИЕ

### ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ И ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

*С.Н. Григорьев, С.Р. Шехтман, П.Ю. Перетягин, Н.А. Сухова,*

*Э.С. Мустафаев, М.А. Зыкова, А.И. Фасхутдинов*

Исследование гибридной технологии модифицирования поверхности на основе микродугового

оксидирования и вакуумного ионно-плазменного напыления ..... 8

*А.А. Верещака, Е.С. Сотова, К.М. Макаревич,*

*П.Ю. Потапов, Т.Н. Боровик, Ю.П. Потапов*

Применение покрытия на основе нитрида ванадия для повышения износостойкости изделий

из нержавеющей стали ..... 17

*Е.К. Мамонтов, А.В. Гусаров, Т.В. Тарасова, Р.С. Хмыров*

Влияние режимов горячего изостатического прессования на свойства сплавов, изготовленных

методом селективного лазерного и электронно-лучевого плавления ..... 39

*М.Б. Бровкова, В.В. Бушуев, В.В. Молодцов, В.А. Новиков*

Цифровые двойники современного металлообрабатывающего оборудования.

Синергетический эффект интеграции кибер-физической системы и ее виртуального аналога ..... 53

*И.А. Зверев, В.В. Слесарев*

Комплексное расчетно-экспериментальное исследование характеристик

высокоскоростных шпиндельных узлов ..... 63

*В.А. Кузнецов, В.А. Гречишников, А.В. Исаев,*

*А.Р. Мирзомахмудов, А.Ю. Прокопьев*

Анализ конструкций сменных многогранных твердосплавных пластин для токарной обработки

алюминиевых сплавов ..... 71

*А.А. Верещака, И.М. Шмаков, Т.Н. Боровик, П.Ю. Потапов,*

*Э.С. Мустафаев, А.И. Фасхутдинов, У.А. Сульдяйкина, П.Ю. Перетягин*

Особенности процесса очистки и термоактивации поверхности деталей из титанового сплава

плазмой тлеющего разряда при осаждении модифицирующих покрытий ..... 79

*С.Н. Григорьев, С.Р. Шехтман, Н.А. Сухова,*

*Е.С. Сотова, Е.Ю. Кропоткина, В.Д. Гурин*

Повышение стойкости режущего инструмента ионной модификацией и нанесением покрытий ..... 93

<b>У.А. Сульдяйкина, Е.П. Попельшикин, Е.С. Сотова, С.Н. Григорьев</b>	
Современные фрезерные режущие пластины: рынок, материалы и инновационные покрытия.....	100
<b>Е.С. Сотова, Е.П. Попельшикин, М.В. Чупров, С.В. Федоров,</b>	
<b>В.Д. Гурин, Е.Ю. Кропоткина, М.Ш. Мигранов, С.Н. Григорьев</b>	
Влияние состава катодов при нанесении износостойких покрытий на распределение микрокапельной фазы на поверхности образцов.....	116

## ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ

<b>А.А. Кутин, В.П. Вороненко</b>	
Цифровая трансформация в машиностроении: от станка с системой адаптивного управления к цифровому двойнику производственной системы.....	125

## РОБОТЫ, МЕХАТРОНИКА И РОБОТОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

<b>М.М. Стебулянин, А.Е. Ушаков</b>	
К вопросу построения режима силового управления в электроприводе подчиненного регулирования технологического робота.....	136

## АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВАМИ

<b>Д.В. Юдин, А.Н. Феофанов</b>	
Модель автоматизированной системы выбора метода обработки и режущего инструмента на основе параметризации припуска в условиях мелкосерийного производства .....	149

## СОБЫТИЯ И ДАТЫ. К 95-ЛЕТИЮ МГТУ «СТАНКИН»

<b>В.А. Гречишников, П.В. Домнин</b>	
Научная школа инструментальщиков: традиции и взгляд в будущее .....	158

<b>О.В. Новоселова, Г.Д. Волкова</b>	
Когнитивные технологии проектирования и управления в ИТ-индустрии – новый технологический базис .....	163

<b>Ю.Я. Еленева, В.Н. Андреев</b>	
Научная школа стоимостного управления – отвечая на вызовы времени .....	170

<b>Д.В. Попов, Е.Д. Корицунова</b>	
Генетический код вуза: преемственность поколений создает будущее промышленности .....	178

<b>Т.Ю. Павельева, Е.В. Кривобокова</b>	
Научные школы в динамике современного научного пространства.....	185

---

# VESTNIK MSUT «STANKIN»

SCIENTIFIC PEER-REVIEWED JOURNAL

2025 No 4 (75)

---

## CONTENTS

### TECHNOLOGY AND EQUIPMENT OF MECHANICAL AND PHYSICAL-TECHNICAL PROCESSING

<i>S.N. Grigoriev, S.R. Shekhtman, P.Yu. Peretyagin, N.A. Sukhova, E.S. Mustafaev, M.A. Zykova, A.I. Faskhutdinov</i> Research on hybrid surface modification technology based on microarc oxidation and vacuum ion-plasma deposition .....	8
<i>A.A. Vereschaka, E.S. Sotova, K.M. Makarevich, P.Yu. Potapov, T.N. Borovik, Yu.P. Potapov</i> Using vanadium nitride coating to improve wear resistance of stainless steel parts .....	17
<i>E.K. Mamontov, A.V. Gusarov, T.V. Tarasova, R.S. Khmyrov</i> Influence of hot isostatic pressing modes on the properties of alloys manufactured by selective laser and electron beam melting .....	39
<i>M.B. Brovkova, V.V. Bushuev, V.V. Molodtsov, V.A. Novikov</i> Digital Twins of Modern Metalworking Equipment. The Synergistic Effect of Integrating Cyber-Physical Production Systems with Their Virtual Counterparts .....	53
<i>I.A. Zverev, V.V. Slesarev</i> A complex simulation and experimental study of the characteristics of high-speed spindle units.....	63
<i>V.A. Kuznetsov, V.A. Grechishnikov, A.V. Isaev, A.R. Mirzomakhmudov, A.Yu. Prokopyev</i> Analysis of design of indexable turning inserts for machining aluminum alloys.....	71
<i>A.A. Vereshchaka, I.M. Shmakov, T.N. Borovik, P.Yu. Potapov, E.S. Mustafaev, A.I. Faskhutdinov, U.A. Suldyakina, P.Yu. Peretyagin</i> Features of the process of cleaning and thermal activation of the surface of titanium alloy parts by glow discharge plasma during deposition of modifying coatings.....	79
<i>S.N. Grigoriev, S.R. Shekhtman, N.A. Sukhova, E.S. Sotova, E.Yu. Kropotkina, V.D. Gurin</i> Increasing the resistance of cutting tools by ion modification and application of coatings .....	93

<b>U.A. Suldyaikeina, E.P. Popelyshkin, E.S. Sotova, S.N. Grigoriev</b>	
Modern milling cutting inserts: market, materials and innovative coatings .....	100
<b>E.S. Sotova, E.P. Popelyshkin, M.V. Chuprov, S.V. Fedorov,</b>	
<b>V.D. Gurin, E.Yu. Kropotkina, M.Sh. Migranov, S.N. Grigoriev</b>	
The influence of cathode composition during deposition of wear-resistant coatings on the distribution of the microdroplet phase on the carbide samples surface .....	116

## TECHNOLOGY OF MACHINE BUILDING

<b>A.A. Kutin, V.P. Voronenko</b>	
Digital transformation in machine-building: from machine tool with adaptive control to digital twin of manufacturing systems .....	125

## ROBOTS, MECHATRONICS AND ROBOTIC SYSTEMS

<b>M.M. Stebulyanin, A.E. Ushakov</b>	
On the issue of developing a force control mode in a hierarchically controlled electric drive of technological robot .....	136

## AUTOMATION AND CONTROL OF TECHNOLOGICAL PROCESSES AND PRODUCTION

<b>D.V. Yudin, A.N. Feofanov</b>	
Model of automated system for selection of machining method and cutting tool on the basis of allowance parameterization in conditions of small-scale production .....	149

## EVENTS AND DATES (on the 95<sup>th</sup> anniversary of MSUT «STANKIN»)

<b>V.A. Grechishnikov, P.V. Domnin</b>	
The scientific school of instrumentalists: traditions and a look into the future .....	158
<b>O.V. Novoselova, G.D. Volkova</b>	
Cognitive technologies of design and management in the IT industry – a new technological basis.....	163
<b>Yu.Ya. Elenava, V.N. Andreev</b>	
Scientific School of Value Management – Meeting the challenges of time.....	170
<b>D.V. Popov, E.D. Korshunova</b>	
The genetic code of the university: generational continuity creates the future of industry .....	178
<b>T.Yu. Pavel'eva, E.V. Krivobokova</b>	
Scientific schools in the dynamics of the contemporary scientific landscape .....	185

## — 2.5.5. ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ И ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ —

Научная статья

УДК 621

DOI 10.47617/2072-3172\_2025\_4\_8

Вестник МГТУ «Станкин». 2025. № 4 (75). С. 8–16.

Vestnik MSUT “Stankin”. 2025. No. 4 (75). P. 8–16.

*Сергей Николаевич Григорьев<sup>1</sup>, Семен Романович Шехтман<sup>1</sup>,  
Павел Юрьевич Перетягин<sup>1</sup>, Надежда Александровна Сухова<sup>1✉</sup>,  
Энвер Серверович Мустафаев<sup>1</sup>, Марина Андреевна Зыкова<sup>1</sup>,  
Айрат Ибрагимович Фасхутдинов<sup>2,3</sup>*

<sup>1</sup> Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»;

<sup>2</sup> Набережночелнинский институт (филиал) Казанского федерального университета

<sup>3</sup> ПАО «КАМАЗ»

✉ Автор для корреспонденции

# ИССЛЕДОВАНИЕ ГИБРИДНОЙ ТЕХНОЛОГИИ МОДИФИЦИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ НА ОСНОВЕ МИКРОДУГОВОГО ОКСИДИРОВАНИЯ И ВАКУУМНОГО ИОННО-ПЛАЗМЕННОГО НАПЫЛЕНИЯ

### Аннотация

Статья посвящена разработке и исследованию гибридной технологии модифицирования поверхности, сочетающей процесс микродугового оксидирования и процесс вакуумного ионно-плазменного синтеза покрытия TiN. Актуальность данного исследования обусловлена растущим интересом к такому направлению развития технологии нанесения функциональных покрытий, как создание многослойных систем, полученных гибридными технологиями, базирующихся на комбинации двух или более различных процессов обработки. В работе приведены технологические параметры составляющих гибридную технологию процессов микродугового оксидирования на установке МДО 100 и вакуумного ионно-плазменного нанесения покрытия TiN на установке Platit π311. Представлены результаты сравнительного анализа физико-механических свойств многослойных систем, полученных по гибридной технологии модифицирования поверхности со свойствами покрытия, полученного методом микродугового оксидирования, а также со свойствами покрытия TiN, полученного методом вакуумного ионно-плазменного напыления. Толщину и стойкость покрытий к абразивному износу определяли при помощи прибора CSM Instrument Calowear с последующим анализом на оптическом микроскопе CARL ZEISS Axiootech Vario. Установлено, что влияние сочетания процесса МДО и процесса вакуумного ионно-плазменного синтеза покрытия TiN на физико-механические свойства многослойной системы не является аддитивным. Показано, что процесс МДО, достаточно хорошо изученный и показывающий высокие результаты применительно к деталям из Al, для использования его в комбинации с вакуумным ионно-плазменным напылением требует более детального исследования применительно к другим материалам вентильной группы. Кроме того, необходима дальнейшая проработка вопроса оптимального подбора состава электролита, а также технологических режимов процесса микродугового оксидирования с целью получения многослойных систем, сочетающих сильные стороны МДО и вакуумного ионно-плазменного напыления.

**Ключевые слова:** изделия и детали машиностроения, гибридная технология, микродуговое оксидирование, вакуумное ионно-плазменное напыление, покрытия.

**Для цитирования:** Григорьев С.Н., Шехтман С.Р., Перетягин П.Ю., Сухова Н.А., Мустафаев Э.С., Зыкова М.А., Фасхутдинов А.И. Исследование гибридной технологии модифицирования поверхности на основе микродугового оксидирования и вакуумного ионно-плазменного напыления // Вестник МГТУ «Станкин». – 2025. – № 4 (75). – С. 8–16. – DOI 10.47617/2072-3172\_2025\_4\_8.

**Sergey N. Grigoriev<sup>1</sup>, Semyon R. Shekhtman<sup>1</sup>, Pavel Yu. Peretyagin<sup>1</sup>,  
Nadejda A. Sukhova<sup>1</sup> <sup>✉</sup>, Enver S. Mustafaev<sup>1</sup>, Marina A. Zykova<sup>1</sup>, Ayrat I. Faskhutdinov<sup>2,3</sup>**

<sup>1</sup> Moscow State University of Technology “STANKIN”

<sup>2</sup> Naberezhnye Chelny Institute (branch) of Kazan Federal University

<sup>3</sup> PJSC KAMAZ

<sup>✉</sup> Corresponding author

## **RESEARCH ON HYBRID SURFACE MODIFICATION TECHNOLOGY BASED ON MICROARC OXIDATION AND VACUUM ION-PLASMA DEPOSITION**

### **Abstract**

This article is devoted to the development and study of a hybrid surface modification technology combining microarc oxidation and vacuum ion-plasma synthesis of TiN coatings. The relevance of this study stems from the growing interest in the development of functional coatings technology, such as the creation of multilayer systems obtained using hybrid technologies, which combine two or more different processing processes and combine their strengths. This paper presents the process parameters of the hybrid technology: microarc oxidation on an MDO 100 system and vacuum ion-plasma deposition of TiN on a Platit π311 system. The results of a comparative analysis of the physical and mechanical properties of multilayer systems produced using a hybrid surface modification technology are presented. These systems compare the properties of a coating produced by microarc oxidation and a TiN coating produced by vacuum ion-plasma deposition. The coating thickness and abrasive wear resistance were determined using a CSM Instrument Calowear, followed by analysis using a CARL ZEISS Axiotech Vario optical microscope. It was found that the combined effect of microarc oxidation and vacuum ion-plasma deposition of TiN coatings on the physical and mechanical properties of the multilayer system is not additive. It has been shown that the MAO process, although well-studied and showing excellent results for aluminum components, requires more detailed research for use in combination with vacuum ion-plasma deposition (VIPD) on other valve group materials. Furthermore, further study is needed to optimize the electrolyte composition and process conditions for the microarc oxidation process to produce multilayer systems that combine the strengths of MAO and VIPD.

**Keywords:** mechanical engineering products and parts, hybrid technology, microarc oxidation, vacuum ion-plasma spraying, coatings.

**For citation:** Grigoriev S.N., Shekhtman S.R., Peretyagin P.Yu., Sukhova N.A., Mustafaev E.S., Zykova M.A., Faskhutdinov A.I. Research on hybrid surface modification technology based on microarc oxidation and vacuum ion-plasma deposition. *Vestnik MSUT “Stankin”*. 2025. No 3 (74). P. 8–16. DOI 10.47617/2072-3172\_2025\_4\_8. (In Russian)

*Научная статья*

**УДК 67.02**

**DOI 10.47617/2072-3172\_2025\_4\_17**

Вестник МГТУ «Станкин». 2025. № 4 (75). С. 17–38.

Vestnik MSUT “Stankin”. 2025. No. 4 (75). P. 17–38.

**Алексей Анатольевич Верещака<sup>1</sup>, Екатерина Сергеевна Сотова<sup>2</sup>✉,  
Кирилл Михайлович Макаревич<sup>3</sup>, Павел Юрьевич Потапов<sup>4</sup>,  
Татьяна Николаевна Боровик<sup>3</sup>, Юрий Павлович Потапов<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> Институт конструкторско-технологической информатики РАН

<sup>2</sup> Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»

<sup>3</sup> ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет»

<sup>4</sup> Центральный научно-исследовательский институт машиностроения

✉ Автор для корреспонденции

## **ПРИМЕНЕНИЕ ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ НИТРИДА ВАНАДИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ИЗДЕЛИЙ ИЗ НЕРЖАВЕЮЩЕЙ СТАЛИ**

### **Аннотация**

Исследовались свойства покрытий VN, (Zr,V)N и (V,Zr,Nb)N, осажденных методом controlled accelerated arc PVD на субстрат нержавеющей стали AISI 321. Твердость покрытия VN заметно повышается при введении в его состав Zr или Zr-Nb, соответственно. Покрытие (Zr,V)N показало наилучшую стойкость к разрушению при скретч-тесте, при тесте «штифт–диск» образец с данным покрытием показал лучшее сопротивление изнашиванию. При этом покрытие (V,Zr,Nb)N обеспечивает наименьшее значение коэффициента трения (0,22) и сохранение интенсивности изнашивания индентора на уровне образца без покрытия при определенном снижении интенсивности изнашивания образца. У образца с покрытием (Zr,V)N в области интерфейса субстрат–покрытие наблюдается формирование переходного слоя толщиной 20–40 нм, состав которого является смесью элементов покрытия (Zr, V) и субстрата (Fe, Cr). Наиболее активно в состав покрытия из субстрата диффундирует железо (на глубину до 500 нм), ванадий диффундирует из покрытия в субстрат на аналогичную глубину. Диффузия других элементов покрытия (Zr и Nb) в субстрат практически отсутствует.

**Ключевые слова:** контролируемое ускоренное дуговое осаждение из газовой фазы, покрытия, износ, нитрид ванадия, тест «штифт–диск».

**Для цитирования:** Верещака А.А., Сотова Е.С., Макаревич К.М., Потапов П.Ю., Боровик Т.Н., Потапов Ю.П. Применение покрытия на основе нитрида ванадия для повышения износостойкости изделий из нержавеющей стали // Вестник МГТУ «Станкин». – 2025. – № 4 (75). – С. 17–38. – DOI 10.47617/2072-3172\_2025\_4\_17.

**Alexey A. Vereschaka<sup>1</sup>, Ekaterina S. Sotova<sup>2✉</sup>, Kirill M. Makarevich<sup>3</sup>, Pavel Yu. Potapov<sup>4</sup>,  
Tatyana N. Borovik<sup>3</sup>, Yury P. Potapov<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> Institute for Design-Technological Informatics of RAS

<sup>2</sup> Moscow State University of Technology “STANKIN”

<sup>3</sup> MIREA – Russian Technological University

<sup>4</sup> Central Research Institute for Machine Building

✉ Corresponding author

## USING VANADIUM NITRIDE COATING TO IMPROVE WEAR RESISTANCE OF STAINLESS STEEL PARTS

### Abstract

The properties of VN, (Zr,V)N and (V,Zr,Nb)N coatings deposited by controlled accelerated arc PVD on an AISI 321 stainless steel substrate were studied. The hardness of the VN coating noticeably increases with the introduction of Zr or Zr-Nb, respectively. The (Zr,V)N coating showed the best resistance to destruction in the scratch test, and in the pin-on-disk test, the sample with this coating showed the best wear resistance. At the same time, the (V,Zr,Nb)N coating provides the lowest value of the friction coefficient (0,22) and ensures that the indenter wear intensity remains at the level of the uncoated sample with a certain decrease in the sample wear intensity. In the sample with the (Zr,V)N coating, a transition layer with a thickness of 20–40 nm is formed in the substrate-coating interface area. The composition of the transition layer is a mixture of coating elements (Zr, V) and substrate (Fe, Cr). Iron diffuses most actively into the coating composition from the substrate (to a depth of up to 500 nm), vanadium diffuses from the coating into the substrate to a similar depth. Diffusion of other coating elements (Zr and Nb) into the substrate is practically absent.

**Keywords:** controlled accelerated arc PVD, coatings, wear, vanadium nitride, pin-on-disk test.

**For citation:** Vereschaka A.A., Sotova E.S., Makarevich K.M., Potapov P.Yu., Borovik T.N., Potapov Yu.P. Using vanadium nitride coating to improve wear resistance of stainless steel parts. *Vestnik MSUT “Stankin”*. 2025. No 3 (74). P. 17–38. DOI 10.47617/2072-3172\_2025\_4\_17. (In Russian)

Научная статья

УДК 621.735.016.2

DOI 10.47617/2072-3172\_2025\_4\_39

Вестник МГТУ «Станкин». 2025. № 4 (75). С. 39–52.

Vestnik MSUT “Stankin”. 2025. No. 4 (75). P. 39–52.

*Евгений Константинович Мамонтов <sup>✉</sup>, Андрей Владимирович Гусаров,  
Татьяна Васильевна Тарасова, Роман Сергеевич Хмыров*

Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»

<sup>✉</sup> Автор для корреспонденции

## ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ ГОРЯЧЕГО ИЗОСТАТИЧЕСКОГО ПРЕССОВАНИЯ НА СВОЙСТВА СПЛАВОВ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ МЕТОДОМ СЕЛЕКТИВНОГО ЛАЗЕРНОГО И ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОГО ПЛАВЛЕНИЯ

### Аннотация

Горячее изостатическое прессование (ГИП) – это важный этап постобработки аддитивных изделий, позволяющий значительно улучшить их характеристики. Особенно это актуально для изделий, полученных такими методами, как селективное лазерное плавление (СЛП/SLM), электронно-лучевое плавление (ЭЛП/EBM) и другими технологиями порошковой металлургии. Применение ГИП к аддитивным изделиям из разных материалов имеет свои особенности. Рассматриваются основные аспекты для различных классов материалов: титановые, никелевые, алюминиевые сплавы и сплавы на основе железа.

**Ключевые слова:** горячее изостатическое прессование, селективное лазерное плавление, электронно-лучевое плавление, аддитивные технологии.

**Для цитирования:** Мамонтов Е.К., Гусаров А.В., Тарасова Т.В., Хмыров Р.С. Влияние режимов горячего изостатического прессования на свойства сплавов, изготовленных методом селективного лазерного и электронно-лучевого плавления // Вестник МГТУ «Станкин». – 2025. – № 4 (75). – С. 39–52. – DOI 10.47617/2072-3172\_2025\_4\_39.

**Evgeny K. Mamontov , Andrey V. Gusarov, Tatiana V. Tarasova, Roman S. Khmyrov**

Moscow State University of Technology “STANKIN”

 Corresponding author

## **INFLUENCE OF HOT ISOSTATIC PRESSING MODES ON THE PROPERTIES OF ALLOYS MANUFACTURED BY SELECTIVE LASER AND ELECTRON BEAM MELTING**

### **Abstract**

Hot isostatic pressing (HIP) is an important stage of post-processing of additive products, which allows to significantly improve their characteristics. This is especially important for products obtained by methods such as selective laser melting (SLM), electron beam melting (EBM) and other powder metallurgy technologies. The application of HIP to additive products from different materials has its own characteristics. The main aspects for different classes of materials are considered: titanium, nickel, aluminum and iron-based alloys.

**Keywords:** hot isostatic pressing, selective laser melting, electron beam melting, additive technologies.

**For citation:** Mamontov E.K., Gusarov A.V., Tarasova T.V., Khmyrov R.S. Influence of hot isostatic pressing modes on the properties of alloys manufactured by selective laser and electron beam melting. *Vestnik MSUT “Stankin”*. 2025. No 3 (74). P. 39–52. DOI 10.47617/2072-3172\_2025\_4\_39. (In Russian)

Научная статья

УДК 621.735.016.2

DOI 10.47617/2072-3172\_2025\_4\_53

Вестник МГТУ «Станкин». 2025. № 4 (75). С. 53–62.

Vestnik MSUT “Stankin”. 2025. No. 4 (75). P. 53–62.

**Марина Борисовна Бровкова<sup>1</sup>, Виктор Валерьевич Бушуев<sup>2</sup>,  
Владимир Владимирович Молодцов<sup>2</sup>, Владимир Александрович Новиков<sup>2</sup>✉**

<sup>1</sup> Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН

<sup>2</sup> Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»

✉ Автор для корреспонденции

## ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ СОВРЕМЕННОГО МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ. СИНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ ИНТЕГРАЦИИ КИБЕР-ФИЗИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ И ЕЕ ВИРТУАЛЬНОГО АНАЛОГА

### Аннотация

В статье обсуждаются вопросы, связанные с реализацией и использованием цифровых двойников технологического оборудования. Показано, что наиболее полезны подобные виртуальные аналоги в случаях, когда свойства прототипа изменяются с течением времени, и существует возможность получать в режиме реального времени объективную информацию о его состоянии. Отмечено, что полноценные цифровые двойники могут быть реализованы только для кибер-физических технологических систем, которые располагают полноценной системой измерительных устройств. Архитектура цифровых двойников определяется свойствами и составом задач, решаемых их физическими прототипами, а важнейшим свойством системы моделирования цифрового двойника должна являться способность к эволюционной адаптации к изменению состояния прототипа.

**Ключевые слова:** цифровые двойники, цифровые тени, кибер-физические системы, промышленный интернет вещей, технологии больших данных и облачных вычислений, мультифизические математические модели, архитектура, режим реального времени.

**Для цитирования:** Бровкова М.Б., Бушуев В.В., Молодцов В.В., Новиков В.А. Цифровые двойники современного металлообрабатывающего оборудования. Синергетический эффект интеграции кибер-физической системы и ее виртуального аналога // Вестник МГТУ «Станкин». – 2025. – № 4 (75). – С. 53–62. – DOI 10.47617/2072-3172\_2025\_4\_53.

**Marina B. Brovkova<sup>1</sup>, Viktor V. Bushuev<sup>2</sup>, Vladimir V. Molodtsov<sup>2</sup>, Vladimir A. Novikov<sup>2</sup>✉**

<sup>1</sup> Institute of Machines Science named after A.A. Blagonravov of the Russian Academy of Sciences

<sup>2</sup> Moscow State University of Technology “STANKIN”

✉ Corresponding author

## **DIGITAL TWINS OF MODERN METALWORKING EQUIPMENT. THE SYNERGISTIC EFFECT OF INTEGRATING CYBER-PHYSICAL PRODUCTION SYSTEMS WITH THEIR VIRTUAL COUNTERPARTS**

### **Abstract**

This paper explores the implementation and application of digital twins for technological equipment. It highlights that digital twins are particularly valuable when the properties of a physical prototype change over time and when real-time access to objective data about its condition is available. The study notes that fully functional digital twins can only be developed for cyber-physical production systems equipped with comprehensive measurement systems. The architecture of a digital twin is shaped by the characteristics and range of tasks performed by its physical counterpart. A critical feature of any digital twin simulation system must be its ability to adapt and evolve in response to changes in the prototype's state.

**Keywords:** digital twins, digital shadows, cyber-physical systems (CPS), Industrial Internet of Things (IIoT), big data and cloud computing technologies, multiphysics mathematical models, architecture, real-time operation.

**For citation:** Brovkova M.B., Bushuev V.V., Molodtsov V.V., Novikov V.A. Digital Twins of Modern Metalworking Equipment. The Synergistic Effect of Integrating Cyber-Physical Production Systems with Their Virtual Counterparts. *Vestnik MSUT “Stankin”*. 2025. No 3 (74). P. 53–62. DOI 10.47617/2072-3172\_2025\_4\_53. (In Russian)

Научная статья

УДК 621.9.06–229.333.001.63

DOI 10.47617/2072-3172\_2025\_4\_63

Вестник МГТУ «Станкин». 2025. № 4 (75). С. 63–70.

Vestnik MSUT “Stankin”. 2025. No. 4 (75). P. 63–70.

**Игорь Алексеевич Зверев<sup>✉</sup>, Владислав Владимирович Слесарев**

Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»

<sup>✉</sup> Автор для корреспонденции

## КОМПЛЕКСНОЕ РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ ШПИНДЕЛЬНЫХ УЗЛОВ

### Аннотация

Представлены результаты комплексного расчетно-экспериментального исследования характеристик работоспособности высокоскоростных шпиндельных узлов на опорах качения. Обоснована необходимость комплексного подхода к моделированию показателей качества шпиндельных узлов при проектировании. Комплексная модель предназначена для прогнозной оценки статических, динамических и тепловых характеристик шпиндельных узлов с учетом различных факторов и условий их эксплуатации. Сравнение результатов теоретических и экспериментальных исследований подтвердило адекватность разработанных моделей и возможность их использования при проектировании новых и модернизации существующих конструкций.

**Ключевые слова:** металорежущий станок, высокоскоростной шпиндельный узел, шпиндельные опоры качения, комплексная математическая модель, характеристики работоспособности шпиндельных узлов.

**Для цитирования:** Зверев И.А., Слесарев В.В. Комплексное расчетно-экспериментальное исследование характеристик высокоскоростных шпиндельных узлов // Вестник МГТУ «Станкин». – 2025. – № 4 (75). – С. 63–70. – DOI 10.47617/2072-3172\_2025\_4\_63.

**Igor A. Zverev<sup>✉</sup>, Vladislav V. Slesarev**

Moscow State University of Technology “STANKIN”

<sup>✉</sup> Corresponding author

## A COMPLEX SIMULATION AND EXPERIMENTAL STUDY OF THE CHARACTERISTICS OF HIGH-SPEED SPINDLE UNITS

### Abstract

The results of a complex simulation and experimental study of the performance characteristics of high-speed spindle units running on rolling bearings are presented. The necessity of an integrated approach to modeling the quality indicators of spindle units during design is substantiated. The complex model has been designed to predict the static, dynamic, and thermal characteristics of spindle units, taking into account

various factors and operating conditions. A comparison of the results of theoretical and experimental studies confirmed the adequacy of the developed models and their applicability for the design of new structures and the modernization of existing ones.

**Keywords:** metal-cutting machine, high-speed spindle unit, spindle rolling bearings, complex mathematical model, performance characteristics of spindle units.

**For citation:** Zverev I.A., Slesarev V.V. A complex simulation and experimental study of the characteristics of high-speed spindle units. *Vestnik MSUT "Stankin"*. 2025. No 3 (74). P. 63–70. DOI 10.47617/2072-3172\_2025\_4\_63. (In Russian)

*Научная статья*

**УДК 621.941.025.7**

**DOI 10.47617/2072-3172\_2025\_4\_71**

Вестник МГТУ «Станкин». 2025. № 4 (75). С. 71–78.

Vestnik MSUT “Stankin”. 2025. No. 4 (75). P. 71–78.

**Владимир Анатольевич Кузнецов, Владимир Андреевич Гречишников,  
Александр Вячеславович Исаев<sup>✉</sup>, Азимжон Рустамович Мирзомахмудов,  
Артем Юрьевич Прокопьев**

Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»

<sup>✉</sup> Автор для корреспонденции

## **АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ СМЕННЫХ МНОГОГРАННЫХ ТВЕРДОСПЛАВНЫХ ПЛАСТИН ДЛЯ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКИ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ**

### **Аннотация**

В статье представлен анализ конструкций сборных токарных резцов со сменными многогранными пластинами, предназначенных для обработки алюминия и его сплавов. Алюминиевые сплавы, содержащие менее 6 % кремния, отличаются относительно малой твердостью, высокой пластичностью и склонностью к налипанию на режущую кромку, что способствует образованию наростов и снижает стойкость инструмента и качество обработанной поверхности. Целью аналитического исследования является выявление конструктивных особенностей режущих пластин, определяющих качество обработанной поверхности и общую эффективность резания. Проведен патентный поиск по отечественным и зарубежным базам данных за период 2000–2025 гг., что позволило установить тенденции совершенствования геометрии рабочей части режущих пластин и развития инструментальных материалов и износостойких покрытий. Выявлены доминирующие подходы различных стран и проанализированы современные технические решения, направленные на повышение эффективности и качества чистовой токарной обработки алюминия и его сплавов. Определены ключевые ограничения конструкций токарных резцов и СМП для них при обработке алюминиевых сплавов, связанные с устойчивостью при больших вылетах, малоподачными режимами и особенностями обработки высокопластичных материалов. На основе анализа сформулированы перспективные направления совершенствования отечественных твердосплавных токарных сменных многогранных пластин для повышения качества обработки алюминиевых сплавов.

**Ключевые слова:** сборные токарные резцы, сменные режущие пластины, токарная обработка алюминиевых сплавов, конструкции режущих инструментов.

**Для цитирования:** Кузнецов В. А., Гречишников В. А., Исаев А. В., Мирзомахмудов А. Р., Прокопьев А. Ю. Анализ конструкций сменных многогранных твердосплавных пластин для токарной обработки алюминиевых сплавов // Вестник МГТУ «Станкин». – 2025. – № 4 (75). – С. 71–78. – DOI 10.47617/2072-3172\_2025\_4\_71.

**Vladimir A. Kuznetsov, Vladimir A. Grechishnikov, Alexander V. Isaev<sup>✉</sup>,**  
**Azimzhon R. Mirzomakhmudov, Artyom Yu. Prokopyev**

Moscow State University of Technology “STANKIN”

<sup>✉</sup> Corresponding author

## **ANALYSIS OF DESIGN OF INDEXABLE TURNING INSERTS FOR MACHINING ALUMINUM ALLOYS**

### **Abstract**

In present paper, an analysis of the designs of indexable lathe cutting tools with replaceable cutting inserts for machining aluminum and its alloys is presented. Aluminum alloys containing less than 6% silicon are characterized by relatively low hardness, high ductility, and a tendency to adhere to the cutting edge, which contributes to the formation of built-up edges and reduces tool life and quality of surface finishing. The objective of this analytical study is to identify the design features of cutting inserts that determine the quality of the machined surface and overall cutting efficiency. A patent search of domestic and international databases for the period 2000–2025 was conducted, which allowed us to identify trends in improving the geometry of cutting inserts and the development of cutting materials and wear-resistant coatings. Dominant approaches in various countries are identified, and modern technical solutions aimed at improving the efficiency and quality of finish turning of aluminum and its alloys are analyzed. Key limitations of turning tool and indexable inserts for machining aluminum alloys are identified, including stability at long overhangs, low-feed rates, and the specifics of machining highly ductile materials. Based on this analysis, promising areas for improving domestic carbide indexable turning inserts are formulated to improve the quality of machining aluminum alloys.

**Keywords:** lathe cutting tools, indexable turning inserts, turning of aluminum alloys, cutting tools design.

**For citation:** Kuznetsov V. A., Grechishnikov V. A., Isaev A. V., Mirzomakhmudov A. R., Prokopyev A. Y. Analysis of design of indexable turning inserts for machining aluminum alloys. *Vestnik MSUT “Stankin”*. 2025. No 3 (74). P. 71–78. DOI 10.47617/2072-3172\_2025\_4\_71. (In Russian)

Научная статья

УДК 67.02

DOI 10.47617/2072-3172\_2025\_4\_79

Вестник МГТУ «Станкин». 2025. № 4 (75). С. 79–92.

Vestnik MSUT “Stankin”. 2025. No. 4 (75). P. 79–92.

*Алексей Анатольевич Верещака<sup>1</sup>✉, Илья Михайлович Шмаков<sup>2</sup>,  
Татьяна Николаевна Боровик<sup>2</sup>, Павел Юрьевич Потапов<sup>3</sup>,  
Энвер Серверович Мустафаев<sup>4</sup>, Айрат Ибрагимович Фасхутдинов<sup>5,6</sup>,  
Ульяна Артемовна Сульдяйкина<sup>4</sup>, Павел Юрьевич Перетягин<sup>4</sup>*

<sup>1</sup> Институт конструкторско-технологической информатики РАН

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет»

<sup>3</sup> Центральный научно-исследовательский институт машиностроения

<sup>4</sup> Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»

<sup>5</sup> Набережночелнинский институт (филиал) Казанского федерального университета

<sup>6</sup> ПАО «КАМАЗ»

✉ Автор для корреспонденции

## ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ И ТЕРМОАКТИВАЦИИ ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ТИТАНОВОГО СПЛАВА ПЛАЗМОЙ ТЛЕЮЩЕГО РАЗРЯДА ПРИ ОСАЖДЕНИИ МОДИФИЦИРУЮЩИХ ПОКРЫТИЙ

### Аннотация

Сравнивались особенности осаждения покрытий на субстрат титанового сплава при подготовке поверхности двумя альтернативными методами – тлеющего разряда в полом катоде (HCS) и ионной бомбардировки (IB). После осаждения покрытий ZrN износостойкость образцов увеличивается на 50–70 % по сравнению с образцами без покрытия, при этом применение метода HCS позволяет обеспечить износостойкость на 5–30 % выше по сравнению с методом IB. При этом образцы с покрытиями, осажденными с использованием методов HCS и IB, демонстрируют очень близкие значения коэффициента трения, с незначительным (на 10–15 %) снижением данного показателя у образцов HCS. Изменение величины напряжения смещения на субстрате (−900, −1200 и −1500 В) оказывает заметное влияние на сопротивляемость изнашиванию. При этом наилучшая сопротивляемость изнашиванию наблюдается у образца HCS с напряжением смещения −1200 В. Расчетное оптимальное значение напряжения смещения при использовании метода HCS составляет −1126 В. В процессе предварительной обработки субстрата методами HCS и IB может формироваться переходный слой в области интерфейса «покрытие – субстрат», толщина данного слоя варьируется в пределах 15–400 нм, а состав представляет смесь материалов покрытия (цирконий) и субстрата (титана, алюминия и ванадия).

**Ключевые слова:** эффект полого катода, ионная бомбардировка, покрытие, износ, титановый сплав.

**Для цитирования:** Верещака А.А., Шмаков И.М., Боровик Т.Н., Потапов П.Ю., Мустафаев Э.С., Фасхутдинов А.И., Сульдяйкина У.А., Перетягин П.Ю. Особенности процесса очистки и термоактивации поверхности деталей из титанового сплава плазмой тлеющего разряда при осаждении модифицирующих покрытий // Вестник МГТУ «Станкин». – 2025. – № 4 (75). – С. 79–92. – DOI 10.47617/2072-3172\_2025\_4\_79.

*Alexey A. Vereshchaka<sup>1</sup>✉, Ilya M. Shmakov<sup>2</sup>, Tatyana N. Borovik<sup>2</sup>,  
Pavel Yu. Potapov<sup>3</sup>, Enver S. Mustafaev<sup>4</sup>, Airat I. Faskhutdinov<sup>5,6</sup>,  
Uliana A. Suldyakina<sup>4</sup>, Pavel Yu. Peretyagin<sup>4</sup>*

<sup>1</sup> Institute for Design-Technological Informatics of RAS

<sup>2</sup> MIREA – Russian Technological University

<sup>3</sup> Central Research Institute for Machine Building

<sup>4</sup> Moscow State University of Technology “STANKIN”

<sup>5</sup> Naberezhnye Chelny Institute (branch) of Kazan Federal University

<sup>6</sup> PJSC KAMAZ

✉ Corresponding author

## **FEATURES OF THE PROCESS OF CLEANING AND THERMAL ACTIVATION OF THE SURFACE OF TITANIUM ALLOY PARTS BY GLOW DISCHARGE PLASMA DURING DEPOSITION OF MODIFYING COATINGS**

### **Abstract**

The features of deposition of coatings on a titanium alloy substrate during surface preparation using two alternative methods – glow discharge in a hollow cathode (HCS) and ion bombardment (IB). After deposition of ZrN coatings, the wear resistance of the samples increases by 50–70 % compared to the uncoated samples, while the use of the HCS method allows wear resistance of 5-30% higher compared to the IB method. At the same time, coated samples deposited using the HCS and IB methods show very similar values of the coefficient of friction, with a slight (10–15 %) decrease in this indicator for HCS samples. A change in the value of the bias voltage on the substrate (−900, −1200, and −1500 V) has a noticeable effect on wear resistance. At the same time, the best wear resistance is observed in the HCS sample with an offset voltage of −1200 V. The calculated optimal value of the bias voltage when using the HCS method is −1126 V. During the pretreatment of the substrate by HCS and IB methods, a transition layer can be formed in the area of the coating–substrate interface, the thickness of this layer varies between 15–400 nm, and the composition is a mixture of coating materials (zirconium) and substrate (titanium, aluminum and vanadium).

**Keywords:** hollow cathode effect; ion bombardment; coating; wear; titanium alloy

**For citation:** Vereshchaka A.A., Shmakov I.M., Borovik T.N., Potapov P.Yu., Mustafaev E.S., Faskhutdinov A.I., Suldyakina U.A., Peretyagin P.Yu. Features of the process of cleaning and thermal activation of the surface of titanium alloy parts by glow discharge plasma during deposition of modifying coatings. *Vestnik MSUT “Stankin”*. 2025. No 3 (74). P. 79–92. DOI 10.47617/2072-3172\_2025\_4\_79. (In Russian)

*Обзорная статья*

**УДК 621.9.025**

**DOI 10.47617/2072-3172\_2025\_4\_100**

Вестник МГТУ «Станкин». 2025. № 4 (75). С. 100–115.

Vestnik MSUT “Stankin”. 2025. No. 4 (75). P. 100–115.

**Ульяна Артемовна Сульдяйкина, Егор Павлович Попельшикин,  
Екатерина Сергеевна Сотова<sup>✉</sup>, Сергей Николаевич Григорьев**

Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»

<sup>✉</sup> Автор для корреспонденции

## **СОВРЕМЕННЫЕ ФРЕЗЕРНЫЕ РЕЖУЩИЕ ПЛАСТИНЫ: РЫНОК, МАТЕРИАЛЫ И ИННОВАЦИОННЫЕ ПОКРЫТИЯ**

### **Аннотация**

В условиях растущей конкуренции и требований к производительности металлообработки ключевым элементом технологического процесса являются режущие пластины. Их эффективность определяется скоростью, точностью и стоимостью изготовления деталей. Данная статья исследует мировой и российский рынок, основные материалы и передовые технологии формирования покрытий, с особым акцентом на составы для обработки сложных материалов.

**Ключевые слова:** фрезерные сменные многогранные пластины, покрытия, объем рынка режущего инструмента.

**Для цитирования:** Сульдяйкина У.А., Попельшикин Е.П., Сотова Е.С., Григорьев С.Н. Современные фрезерные режущие пластины: рынок, материалы и инновационные покрытия // Вестник МГТУ «Станкин». – 2025. – № 4 (75). – С. 100–115. – DOI 10.47617/2072-3172\_2025\_4\_100.

***Uliana A. Suldyaiikina, Egor P. Popelyshkin, Ekaterina S. Sotova, Sergey N. Grigoriev***

Moscow State University of Technology “STANKIN”

<sup>✉</sup> Corresponding author

## **MODERN MILLING CUTTING INSERTS: MARKET, MATERIALS AND INNOVATIVE COATINGS**

### **Abstract**

In an increasingly competitive and highly productive metalworking environment, cutting inserts are a key element of the manufacturing process. Their effectiveness is determined by the speed, precision, and cost of manufacturing parts. This article examines the global and Russian markets, key materials, and advanced coating technologies, with a particular focus on formulations for processing complex materials.

**Keywords:** milling indexable multifaceted inserts, coatings, cutting tool market size.

**For citation:** Suldyaiikina U.A., Popelyshkin E.P., Sotova E.S., Grigoriev S.N. Modern milling cutting inserts: market, materials and innovative coatings . Vestnik MSUT “Stankin”. 2025. No 3 (74). P. 100–115. DOI 10.47617/2072-3172\_2025\_4\_100. (In Russian)

Научная статья

УДК 621.9.025

DOI 10.47617/2072-3172\_2025\_4\_116

Вестник МГТУ «Станкин». 2025. № 4 (75). С. 116–124.

Vestnik MSUT “Stankin”. 2025. No. 4 (75). P. 116–124.

*Екатерина Сергеевна Сотова<sup>✉</sup>, Егор Павлович Попельшкин,  
Михаил Владиславович Чупров, Сергей Вольдемарович Федоров,  
Владимир Дмитриевич Гурин, Елена Юрьевна Кропоткина,  
Марс Шарифуллович Мигранов, Сергей Николаевич Григорьев*

Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»

<sup>✉</sup> Автор для корреспонденции

## **ВЛИЯНИЕ СОСТАВА КАТОДОВ ПРИ НАНЕСЕНИИ ИЗНОСОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МИКРОКАПЕЛЬНОЙ ФАЗЫ НА ПОВЕРХНОСТИ ОБРАЗЦОВ**

### **Аннотация**

В работе представлены результаты экспериментального исследования PVD-покрытий нитридов металлических сплавов системы Ti–Al–Si, применяемых для повышения износостойкости режущего инструмента. Основное внимание уделено проблеме формирования микрокапельной фазы, характерной для вакуумно-дуговых методов осаждения и существенно влияющей на эксплуатационные характеристики покрытий. Покрытия TiN, AlTiN-G, (Ti,Al)N-ML и (Ti,Al,Cr,Si)N были получены вакуумно-дуговым испарением катодов различного состава. Для количественной оценки плотности микрокапель предложена методика анализа отражательной способности поверхности на основе обработки цифровых стереоскопических изображений. Проведено сравнение плотности микрокапельной фазы для различных архитектур и химических составов покрытий. Установлено влияние соотношения тугоплавких и легкоплавких компонентов на формирование дефектной микроструктуры поверхности слоя.

**Ключевые слова:** твердосплавные образцы, PVD-покрытия, плотность микрокапель, стереоскопические изображения.

**Для цитирования:** Сотова Е.С., Попельшкин Е.П., Чупров М.В., Федоров С.В., Гурин В.Д., Кропоткина Е.Ю., Мигранов М.Ш., Григорьев С.Н. Влияние состава катодов при нанесении износостойких покрытий на распределение микрокапельной фазы на поверхности образцов// Вестник МГТУ «Станкин». – 2025. – № 4 (75). – С. 116–124. – DOI 10.47617/2072-3172\_2025\_4\_116.

*Ekaterina S. Sotova<sup>✉</sup>, Egor P. Popelyshkin, Mikhail V. Chuprov, Sergey V. Fedorov,  
Vladimir D. Gurin, Elena Yu. Kropotkina, Mars Sh. Migranov, Sergey N. Grigoriev*

Moscow State University of Technology “STANKIN”

<sup>✉</sup> Corresponding author

## **THE INFLUENCE OF CATHODE COMPOSITION DURING DEPOSITION OF WEAR-RESISTANT COATINGS ON THE DISTRIBUTION OF THE MICRODROPLET PHASE ON THE CARBIDE SAMPLES SURFACE**

### **Abstract**

This paper presents the results of an experimental study of PVD coatings of nitrides of Ti–Al–Si metal alloys used to improve the wear resistance of cutting tools. The focus is on the formation of a microdroplet

phase, which is characteristic of vacuum-arc deposition methods and significantly affects the performance characteristics of the coatings. TiN, AlTiN-G, (Ti,Al)N-ML, and (Ti,Al,Cr,Si)N coatings were obtained by vacuum-arc evaporation of cathodes of various compositions. To quantitatively assess the density of microdroplets, a technique for analyzing the surface reflectivity based on digital stereoscopic image processing is proposed. The density of the microdroplet phase is compared for various coating architectures and chemical compositions. The influence of the ratio of refractory and low-melting components on the formation of a defective microstructure of the surface layer is established.

**Keywords:** carbide samples, PVD coatings, microdroplet density, stereoscopic images.

**For citation:** Sotova E.S., Popelyshkin E.P., Chuprov M.V., Fedorov S.V., Gurin V.D., Kropotkina E.Yu., Migranov M.Sh., Grigoriev S.N. The influence of cathode composition during deposition of wear-resistant coatings on the distribution of the microdroplet phase on the carbide samples surface. *Vestnik MSUT "Stankin"*. 2025. No 3 (74). P. 116–124. DOI 10.47617/2072-3172\_2025\_4\_116. (In Russian)

*Научная статья*

**УДК 658.5.011.56**

**DOI 10.47617/2072-3172\_2025\_4\_125**

Вестник МГТУ «Станкин». 2025. № 4 (75). С. 125–135.

Vestnik MSUT “Stankin”. 2025. No. 4 (75). P. 125–135.

**Андрей Анатольевич Кутин, Владимир Павлович Вороненко**

Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»

## **ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ В МАШИНОСТРОЕНИИ: ОТ СТАНКА С СИСТЕМОЙ АДАПТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ К ЦИФРОВОМУ ДВОЙНИКУ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ**

### **Аннотация**

В статье рассматривается эволюционное развитие научных исследований кафедры технологии машиностроения МГТУ «СТАНКИН» от разработки систем адаптивного управления станками к созданию цифровых двойников производственных систем. Выполнен краткий анализ этапов развития автоматизации производства, начиная с первых систем автоматизации и заканчивая интеллектуальными производственными комплексами. Показаны ключевые сценарии применения цифровых двойников в станкоинструментальной отрасли: предиктивное обслуживание, управление точностью и производительностью, оптимизация траекторий. Представлена архитектура и функциональные возможности цифровых двойников, их интеграция с корпоративными системами управления. Рассмотрено применение методов моделирования, инструментов виртуальной и дополненной реальности. Обсуждаются вопросы эффективности цифровых двойников производственной системы.

**Ключевые слова:** цифровой двойник, адаптивное управление, интеллектуальное производство, машинное обучение, автоматизация производства, предиктивное обслуживание, производственные системы, искусственный интеллект, цифровизация.

**Для цитирования:** Кутин А.А., Вороненко В.П. Цифровая трансформация в машиностроении: от станка с системой адаптивного управления к цифровому двойнику производственной системы// Вестник МГТУ «Станкин». – 2025. – № 4 (75). – С. 125–135. – DOI 10.47617/2072-3172\_2025\_4\_125.

*Andrey A. Kutin, Vladimir P. Voronenko*

Moscow State University of Technology “STANKIN”

## **DIGITAL TRANSFORMATION IN MACHINE-BUILDING: FROM MACHINE TOOL WITH ADAPTIVE CONTROL TO DIGITAL TWIN OF MANUFACTURING SYSTEMS**

### **Abstract**

The article discusses the evolutionary development of scientific research at the sub-department of “Production Engineering” of the Moscow State University of Technology “STANKIN”, from the development of machine tools with adaptive control systems to the creation of digital twins of production systems. It

provides a brief analysis of the stages of development of production automation, starting from the first automation systems and ending with intelligent production complexes. The article highlights key scenarios for using digital twins in the machine tool industry, including predictive maintenance, precision and productivity management, and trajectory optimization. It also discusses the architecture and functionality of digital twins and their integration with corporate management systems. The article discusses the methods of simulation, virtual and additional reality. The effectiveness of digital twins of the manufacturing system is being discussed.

**Keywords:** digital twin, adaptive control, intelligent manufacturing, machine learning, production automation, predictive maintenance, manufacturing systems, artificial intelligence, digitalization.

**For citation:** Kutin A.A., Voronenko V.P. Digital transformation in machine-building: from machine tool with adaptive control to digital twin of manufacturing systems. *Vestnik MSUT "Stankin"*. 2025. No 3 (74). P. 125–135. DOI 10.47617/2072-3172\_2025\_4\_125. (In Russian)

Научная статья

УДК 621.3.037: 621.313

DOI 10.47617/2072-3172\_2025\_4\_136

Вестник МГТУ «Станкин». 2025. № 4 (75). С. 136–148.

Vestnik MSUT “Stankin”. 2025. No. 4 (75). P. 136–148.

**Михаил Михайлович Стебулянин, Александр Евгеньевич Ушаков** 

Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»

 Автор для корреспонденции

## К ВОПРОСУ ПОСТРОЕНИЯ РЕЖИМА СИЛОВОГО УПРАВЛЕНИЯ В ЭЛЕКТРОПРИВОДЕ ПОДЧИНЕННОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РОБОТА

### Аннотация

В статье анализируется возможность обеспечения управления трехконтурным электроприводом постоянного тока в режиме замыкания ротора двигателя неудерживающей механической связью при условии задания величины силы реакции. Моделирование электромеханической системы с использованием MATLAB Simulink позволило провести серию вычислительных экспериментов с использованием модели связи в виде линейного упора. При этом рассматривалась аппроксимация функции тока от величины силового задания.

Установлено, что управление по току двигателя на основе статической характеристики данной функции не обеспечивает устойчивой работы электропривода в динамических режимах силового задания. Сделан вывод о необходимости создания четвертого контура управления на основе силовой обратной связи и перехода к электроприводу с переменной структурой, реализующему как позиционное управление в свободной зоне, так и силовое при замыкании на упор.

Результаты статьи ориентированы прежде всего на создание привода технологических роботов с силовым управлением.

**Ключевые слова:** позиционно-силовое управление, подчинённое регулирование, электропривод, робот, моделирование, контактное взаимодействие.

**Для цитирования:** Стебулянин М.М., Ушаков А.Е. К вопросу построения режима силового управления в электроприводе подчиненного регулирования технологического робота // Вестник МГТУ «Станкин». – 2025. – № 4 (75). – С. 136–148. – DOI 10.47617/2072-3172\_2025\_4\_136.

*Mikhail M. Stebulyanin, Aleksandr E. Ushakov* 

Moscow State University of Technology “STANKIN”

 Corresponding author

## ON THE ISSUE OF DEVELOPING A FORCE CONTROL MODE IN A HIERARCHICALLY CONTROLLED ELECTRIC DRIVE OF TECHNOLOGICAL ROBOT

### Abstract

The paper analyzes the possibility of controlling a three-loop DC electric drive in a mode where the motor rotor is closed through a compliant mechanical connection, with a specified reaction force. Modeling of the

electromechanical system using MATLAB Simulink made it possible to conduct a series of computational experiments with a linear stop model used as the connection. The dependence of the armature current on the force command was approximated and analyzed.

It was found that current-based control relying on the static characteristic of this function does not ensure stable operation of the electric drive under dynamic force control conditions. The conclusion is made about the necessity of introducing a fourth control loop based on force feedback and transitioning to an electric drive with a variable structure, capable of implementing both position control in the free motion zone and force control when contact occurs.

The results of the study are primarily aimed at the development of force-controlled drives for technological robots.

**Keywords:** position-force control, subordinate control, electric drive, robot, modeling, contact interaction.

**For citation:** Stebulyanin M.M., Ushakov A.E. On the issue of developing a force control mode in a hierarchically controlled electric drive of technological robot. *Vestnik MSUT "Stankin"*. 2025. No 3 (74). P. 136–148. DOI 10.47617/2072-3172\_2025\_4\_136. (In Russian)

---

### 2.3.3. АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВАМИ

---

*Научная статья*

**УДК 001.51**

**DOI 10.47617/2072-3172\_2025\_4\_149**

Вестник МГТУ «Станкин». 2025. № 4 (75). С. 149–157.

Vestnik MSUT “Stankin”. 2025. No. 4 (75). P. 149–157.

**Денис Владимирович Юдин<sup>✉</sup>, Александр Николаевич Феофанов**

Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»

<sup>✉</sup> Автор для корреспонденции

## МОДЕЛЬ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ВЫБОРА МЕТОДА ОБРАБОТКИ И РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА НА ОСНОВЕ ПАРАМЕТРИЗАЦИИ ПРИПУСКА В УСЛОВИЯХ МЕЛКОСЕРИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

### **Аннотация**

В статье представлена модель автоматизированной системы для выбора метода обработки и режущего инструмента при механической обработке деталей. Предложенная модель позволяет осуществлять выбор методов обработки и режущего инструмента на основе анализа параметров технологического припуска, а также информации о состоянии производственных мощностей и данных о складских запасах инструмента.

Система включает в себя этапы декомпозиции припуска и его параметризацию с последующим выбором доступных и оптимальных методов обработки и режущего инструмента на основе критерия минимизации стоимости обработки. Практическая значимость исследования заключается в возможности снижения трудоемкости технологической подготовки производства и оптимизации затрат на производство.

**Ключевые слова:** технологическая подготовка производства, автоматизация разработки технологических процессов, обработка резанием, модель автоматизированной системы.

**Для цитирования:** Юдин Д.В., Феофанов А.Н. Модель автоматизированной системы выбора метода обработки и режущего инструмента на основе параметризации припуска в условиях мелкосерийного производства // Вестник МГТУ «Станкин». – 2025. – № 4 (75). – С. 149–157. – DOI 10.47617/2072-3172\_2025\_4\_149.

**Denis V. Yudin<sup>✉</sup>, Aleksandr N. Feofanov**

Moscow State University of Technology “STANKIN”

<sup>✉</sup> Corresponding author

## **MODEL OF AUTOMATED SYSTEM FOR SELECTION OF MACHINING METHOD AND CUTTING TOOL ON THE BASIS OF ALLOWANCE PARAMETERIZATION IN CONDITIONS OF SMALL-SCALE PRODUCTION**

### **Abstract**

The paper presents a model of an automated system for selecting a machining method and cutting tools in the machining of parts. The proposed model allows the selection of machining methods and cutting tools on the basis of analyzing the parameters of technological allowance, as well as information on the state of production facilities and data on tool stocks.

The system includes the stages of allowance decomposition and its parameterization, selection of available machining methods and cutting tools and selection of the optimal variant of machining method and cutting tools based on the criterion of minimization of machining cost. The practical significance of the research lies in the possibility of reducing the labor intensity of technological preparation of production and optimization of production costs.

**Keywords:** technological preparation of production, automation of technological process development, machining by cutting, model of automated system.

**For citation:** Yudin D.V., Feofanov A.N. Model of automated system for selection of machining method and cutting tool on the basis of allowance parameterization in conditions of small-scale production. *Vestnik MSUT “Stankin”*. 2025. No 3 (74). P. 149–157. DOI 10.47617/2072-3172\_2025\_4\_149. (In Russian)

Научная статья

УДК 67.05

DOI 10.47617/2072-3172\_2025\_4\_158

Вестник МГТУ «Станкин». 2025. № 4 (75). С. 158–162.

Vestnik MSUT “Stankin”. 2025. No. 4 (75). P. 158–162.

**Владимир Андреевич Гречишников, Петр Валерьевич Домнин**

Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»

## НАУЧНАЯ ШКОЛА ИНСТРУМЕНТАЛЬЩИКОВ: ТРАДИЦИИ И ВЗГЛЯД В БУДУЩЕЕ

### Аннотация

Статья описывает научную деятельность кафедры инструментальной техники и технологии формообразования МГТУ «СТАНКИН», включая её становление и развитие, основные направления исследований и достижения. Рассказывается о разработке новых методов расчетов и автоматизированных систем для проектирования инструментов, а также о внедрении инновационных технологий в промышленность. Особое внимание уделяется подготовке научных кадров, участию кафедры в государственных и международных проектах, а также созданию современных исследовательских центров.

**Ключевые слова:** научная школа, научная деятельность, инструментальная техника, режущие инструменты, инновационные исследования, история кафедры.

**Для цитирования:** Гречишников В.А., Домнин П.В. Научная школа инструментальщиков: традиции и взгляд в будущее // Вестник МГТУ «Станкин». – 2025. – № 4 (75). – С. 158–162. – DOI 10.47617/2072-3172\_2025\_4\_158.

**Vladimir A. Grechishnikov, Petr V. Domnin**

Moscow State University of Technology “STANKIN”

## THE SCIENTIFIC SCHOOL OF INSTRUMENTALISTS: TRADITIONS AND A LOOK INTO THE FUTURE

### Abstract

This article describes the research activities of the sub-department of “Cutting Tools and Form-Generation Technologies” at MSUT “STANKIN”, including its formation and development, main research areas, and achievements. It covers the development of new calculation methods and automated systems for tool design, as well as the implementation of innovative technologies in industry. Particular attention is paid to the training of research personnel, the department’s participation in national and international projects, and the creation of modern research centers.

**Keywords:** scientific school, scientific activity, instrumentation, cutting tools, innovative research, department history.

**For citation:** Grechishnikov V.A., Domnin P.V. The scientific school of instrumentalists: traditions and a look into the future. *Vestnik MSUT “Stankin”*. 2025. No 3 (74). P. 158–162. – DOI 10.47617/2072-3172\_2025\_4\_158. (In Russian)

*Научная статья*

**УДК: 621:004**

**DOI 10.47617/2072-3172\_2025\_4\_163**

Вестник МГТУ «Станкин». 2025. № 4 (75). С. 163–169.

Vestnik MSUT “Stankin”. 2025. No. 4 (75). P. 163–196.

**Ольга Вячеславовна Новоселова, Галина Дмитриевна Волкова**

Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»

## **КОГНИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ В ИТ-ИНДУСТРИИ – НОВЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ БАЗИС**

### **Аннотация**

В статье приведены перспективы научных исследований кафедры «Информационные технологии и вычислительные системы» МГТУ «СТАНКИН», представлена история направления «Когнитивные технологии проектирования и управления» как области научной школы «Конструкторско-технологическая информатика в машиностроении», описана концепция направления, которая является технологической основой при создании цифровых автоматизированных систем.

Научная школа «Конструкторско-технологическая информатика в машиностроении» (КТИ) сформировала новые прорывные направления исследований – результатом ее деятельности стало формирование методологической и практической базы для создания интегрированных автоматизированных систем, охватывающих все этапы жизненного цикла машиностроительных изделий. Эти исследования значительно продвинули процессы комплексной автоматизации в машиностроительном производстве страны, что повысило конкурентоспособность национальной промышленности на международном уровне.

Коллектив кафедры «Информационные технологии и вычислительные системы» МГТУ «СТАНКИН» продолжает научные исследования по ряду направлений научной школы КТИ – проектирование и разработка цифровых производственных систем, методология автоматизации интеллектуального труда и автоматизированное производство программных комплексов, управление качеством проектных работ на основе методов когнитивного моделирования и инженерного анализа.

**Ключевые слова:** автоматизация производства, когнитивные и информационные технологии, вычислительные системы, системы управления.

**Для цитирования:** Новоселова О.В., Волкова Г.Д. Когнитивные технологии проектирования и управления в ИТ-индустрии – новый технологический базис // Вестник МГТУ «Станкин». – 2025. – № 4 (75). – С. 163–169. – DOI 10.47617/2072-3172\_2025\_4\_163.

**Olga V. Novoselova, Galina D. Volkova**

Moscow State University of Technology “STANKIN”

## **COGNITIVE TECHNOLOGIES OF DESIGN AND MANAGEMENT IN THE IT INDUSTRY – A NEW TECHNOLOGICAL BASIS**

### **Abstract**

The article presents the prospects of scientific research of the sub-department of “Information Technologies and Computing Systems” of MSUT “STANKIN”, presents the history of the direction “Cognitive Technologies of Design and Management” as a field of the scientific school “Design-Technological Informatics in Mechanical Engineering”, described is a direction concept, which is the technological basis for creating digital automated systems.

The scientific school “Design-Technological Informatics in Mechanical Engineering” (DTI) has formed new breakthrough areas of research – the result of its activity was the formation of a methodological and practical basis for creating integrated automated systems covering all stages of the life cycle of engineering products. These studies significantly advanced the processes of complex automation in the country’s engineering production, which increased the competitiveness of the national industry at the international level. The staff of the Department “Information Technologies and Computing Systems” of MSUT “STANKIN” continues scientific research in a number of areas of the KTI scientific school - design and development of digital production systems, methodology for automation of intellectual labor and automated production of software complexes, quality management of design work based on methods of cognitive modeling and engineering analysis.

**Keywords:** production automation, cognitive and information technologies, computing systems, control systems.

**For citation:** Novoselova O.V., Volkova G.D. Cognitive technologies of design and management in the IT industry – a new technological basis. *Vestnik MSUT “Stankin”*. 2025. No 3 (74). P. 163–169. – DOI 10.47617/2072-3172\_2025\_4\_163. (In Russian)

Научная статья

УДК 330.101

DOI 10.47617/2072-3172\_2025\_4\_170

Вестник МГТУ «Станкин». 2025. № 4 (75). С. 170–177.

Vestnik MSUT “Stankin”. 2025. No. 4 (75). P. 170–177.

**Юлия Яковлевна Еленева, Владимир Николаевич Андреев**

Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»

## НАУЧНАЯ ШКОЛА СТОИМОСТНОГО УПРАВЛЕНИЯ – ОТВЕЧАЯ НА ВЫЗОВЫ ВРЕМЕНИ

### Аннотация

В статье исследуется становление и развитие научной школы стоимостного управления. На основе анализа тематики диссертационных исследований за периоды 1999–2007 гг., 2009–2013 гг., 2014–2018 гг., 2019–2025 гг. и работ, находящихся в процессе подготовки, показана прямая взаимосвязь между актуальными проблемами развития российской экономики и формированием научной повестки. Доказано, что научная школа стоимостного управления последовательно и системно адаптировала свои исследовательские направления для решения ключевых научно-практических задач развития промышленности России, антикризисного управления, стратегического управления активами и капиталом предприятий, обеспечения конкурентоспособности и технологического суверенитета страны.

**Ключевые слова:** научная школа, стоимостное управление, управление имущественным комплексом, управление финансами, оценка активов, стратегическое управление, управление конкурентоспособностью, технологический суверенитет.

**Для цитирования:** Еленева Ю.Я., Андреев В.Н. Научная школа стоимостного управления – отвечая на вызовы времени // Вестник МГТУ «Станкин». – 2025. – № 4 (75). – С. 170–177. – DOI 10.47617/2072-3172\_2025\_4\_170.

*Yuliya Ya. Eleneva, Vladimir N. Andreev*

Moscow State University of Technology “STANKIN”

## SCIENTIFIC SCHOOL OF VALUE MANAGEMENT – MEETING THE CHALLENGES OF TIME

### Abstract

The article examines the formation and development of the scientific school of value management. Based on the analysis of the topics of dissertation research for the periods 1999–2007, 2009–2013, 2014–2018, 2019–2025 and the works in the process of preparation, the direct relationship between the current problems of the Russian economy and industry and the formation of the scientific agenda is shown. It is proved that the scientific school of value management has consistently and systematically adapted its research areas to solve key scientific and practical problems of developing the Russian market economy, crisis management, strategic asset and capital management of enterprises, ensuring the competitiveness and technological sovereignty of the country.

**Keywords:** scientific school, cost management, property complex management, financial management, asset valuation, strategic management, competitiveness management, technological sovereignty.

**For citation:** Eleneva Yu.Ya., Andreev V.N. Scientific School of Value Management – Meeting the challenges of time. *Vestnik MSUT “Stankin”*. 2025. No 3 (74). P. 170–177. DOI 10.47617/2072-3172\_2025\_4\_170. (In Russian)

Научная статья

УДК 005

DOI 10.47617/2072-3172\_2025\_4\_178

Вестник МГТУ «Станкин». 2025. № 4 (75). С. 178–184.

Vestnik MSUT “Stankin”. 2025. No. 4 (75). P. 178–184.

**Дмитрий Владимирович Попов, Елена Дмитриевна Коршунова**

Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»

## ГЕНЕТИЧЕСКИЙ КОД ВУЗА: ПРЕЕМСТВЕННОСТЬ ПОКОЛЕНИЙ СОЗДАЕТ БУДУЩЕЕ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

### Аннотация

В данной статье анализируется разработанная концепция генетического кода МГТУ «СТАНКИН», который формировался на протяжении более 95 лет существования университета. Сформулированы ключевые составляющие кода: научные идеи, учебные дисциплины и преемственность поколений, с акцентом на роль Менеджмента как связующего звена. Проанализирована история университета для более наглядной демонстрации становления генетического кода. Построена математическая модель на основе теории множеств, через которую составляющие кода были выражены как совокупности переменных. Сформирован генетический код преемственности поколений Института социально-технологического менеджмента МГТУ «СТАНКИН» (ИСТМ).

**Ключевые слова:** преемственность поколений, циркуляция идей, менеджмент, научные школы, генетический код, самовоспроизводящаяся система, устойчивость университета.

**Для цитирования:** Попов Д.В., Коршунова Е.Д. Генетический код вуза: преемственность поколений создает будущее промышленности // Вестник МГТУ «Станкин». – 2025. – № 4 (75). – С. 178–184. – DOI 10.47617/2072-3172\_2025\_4\_178.

*Dmitriy V. Popov, Elena D. Korshunova*

Moscow State University of Technology “STANKIN”

## THE GENETIC CODE OF THE UNIVERSITY: GENERATIONAL CONTINUITY CREATES THE FUTURE OF INDUSTRY

### Abstract

This article discusses the concept of the genetic code of the Moscow State University of Technology “STANKIN”, which has been formed over the course of more than 95 years of the university’s existence. The key components of the code are formulated: scientific ideas, academic disciplines, and the continuity of generations, with a focus on the role of Management as a link. The history of the university is analyzed to provide a clearer demonstration of the development of the genetic code. A mathematical model based on set theory is constructed, through which the components of the code are expressed as sets of variables. The genetic code of the ISTM’s continuity of generations is formed.

**Keywords:** continuity of generations, circulation of ideas, management, scientific schools, genetic code, self-replicating system, university sustainability.

**For citation:** Popov D.V., Korshunova E.D. The genetic code of the university: generational continuity creates the future of industry. *Vestnik MSUT “Stankin”*. 2025. No 3 (74). P. 178–184. DOI 10.47617/2072-3172\_2025\_4\_178. (In Russian)

*Научная статья*

**УДК 378**

**DOI 10.47617/2072-3172\_2025\_4\_185**

Вестник МГТУ «Станкин». 2025. № 4 (75). С. 185–190.

Vestnik MSUT “Stankin”. 2025. No. 4 (75). P. 185–190.

**Татьяна Юрьевна Павельева, Елена Вячеславовна Кривобокова**

Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»

## **НАУЧНЫЕ ШКОЛЫ В ДИНАМИКЕ СОВРЕМЕННОГО НАУЧНОГО ПРОСТРАНСТВА**

### **Аннотация**

Статья посвящена анализу организационных форм науки в контексте современного научно-технологического развития России. Рассматриваются традиционные научные школы, мобильные коллективы и гибридные модели их сочетания. Научные школы обеспечивают преемственность, сохранение исследовательской культуры и формирование будущих поколений ученых за счет неформальных коммуникаций и системы наставничества. Мобильные коллективы отличаются высокой адаптивностью, междисциплинарностью и способностью оперативно решать актуальные научные задачи, однако их краткосрочность и слабые личные связи ограничивают преемственность. Гибридные модели объединяют сильные стороны обеих форм, но требуют координации и поддержания внутренней исследовательской идентичности. На основе сравнительного анализа показано, что эффективность университетской науки зависит от баланса между стабильностью и гибкостью, преемственностью и инновационной динамикой. Несмотря на появление новых организационных форм, научная школа сохраняет ключевую роль как механизм коллективного сохранения и умножения знаний, поддержания качества исследований и подготовки кадров для науки и высокотехнологичных отраслей.

**Ключевые слова:** научная школа, мобильный коллектив, исследовательская культура, научное наставничество, организационные формы науки.

**Для цитирования:** Павельева Т.Ю., Кривобокова Е.В. Научные школы в динамике современного научного пространства // Вестник МГТУ «Станкин». – 2025. – № 4 (75). – С. 185–190. – DOI 10.47617/2072-3172\_2025\_4\_185.

**Tat'yana Yu. Pavel'eva, Elena V. Krivobokova**

Moscow State University of Technology “STANKIN”

## **SCIENTIFIC SCHOOLS IN THE DYNAMICS OF THE CONTEMPORARY SCIENTIFIC LANDSCAPE**

### **Abstract**

The article is devoted to the analysis of organizational forms of science in the context of contemporary scientific and technological development in Russia. Traditional scientific schools, mobile research teams, and hybrid models combining both approaches are examined. Scientific schools ensure continuity, the preservation of research culture, and the formation of future generations of scientists through informal communications and mentorship systems. Mobile teams are distinguished by high adaptability, interdisciplinarity, and the ability to promptly address current scientific challenges, although their short-term nature and weak personal connections limit continuity. Hybrid models combine the strengths of both forms but require careful coordination and maintenance of internal research identity. Based on comparative analysis, it is shown that the effectiveness of university science depends in the balance between stability and flexibility, continuity, and innovative dynamics. Despite the emergence of new organizational forms, scientific schools continue to play a key role as a mechanism for the collective preservation and expansion of knowledge, maintaining research quality, and preparing highly qualified personnel for science and high-tech industries.

**Keywords:** scientific school, mobile research team, research culture, scientific mentorship, organizational forms of science.

**For citation:** Pavel'eva T.Yu. , Krivobokova E.V. Scientific schools in the dynamics of the contemporary scientific landscape. *Vestnik MSUT “Stankin”*. 2025. No 3 (74). P. 185–190. – DOI 10.47617/2072-3172\_2025\_4\_185. (In Russian)