

А.П. Пьяе¹, Н.Э. Гареев², К.П. Помпеев³, О.С. Васильев⁴

МЕТОДИКА ПРОВЕРКИ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ЛАЗЕРНЫХ ГОЛОВОК С МОДИФИЦИРОВАННЫМИ ПОЛИМЕРНЫМИ КОРПУСАМИ



¹Пьяе Пьюе Ай,
Университет ИТМО
Россия, Санкт-Петербург
Тел.: +79602658741, E-mail: northernstar.phyo@gmail.com



²Гареев Николай Эдуардович
Университет ИТМО
Россия, Санкт-Петербург
Тел.: +79992095107, E-mail: 265191@edu.itmo.ru



³Кирилл Павлович Помпеев,
Университет ИТМО
Россия, Санкт-Петербург
Тел.: +79110108265, E-mail: kir-pom@mail.ru



⁴Олег Сергеевич Васильев,
ООО «Лазерный центр»
Россия, Санкт-Петербург
Тел.: +79500419019, E-mail: tesla_90@mail.ru

Аннотация

В работе рассматривается вопрос создания методики проверки работоспособности лазерных головок с модифицированными полимерными корпусами, изготовленными на 3D-принтере, с целью подтверждения их функциональности.

Ключевые слова: маркировочная лазерная установка, лазерная головка, методика, работоспособность, полимерный корпус, 3D-принтер, ЧПУ.

Введение

В современном мире лазерная техника находит широкое применение в различных отраслях промышленности. В настоящее время с помощью лазерных установок с ЧПУ можно осуществлять различные виды обработки заготовок: маркирование, гравирование, в том числе 3D-рельефов, обработку керамических поверхностей, макро- и микроструктурирование поверхностного слоя, создание градиентной структуры поверхности, создание различной сложноконтурной регулярной микротопологии поверхности, резку металлов, сплавов и углепластика, сварку листового материала, перфорацию, доводку поверхности, локальное оксидирование поверхности, локальное термоупрочнение, нанесение микроразмерных штрих- и QR-кодов для хранения информации, например, на поверхности заготовок [1–8]. Кроме выполнения обрабатываемых операций с помощью лазерного излучения могут проводиться вспомогательные операции, например, предварительное локальное физическое воздействие для облегчения съема материала с заготовки инструментом, оснащенным режущей керамикой [9–11]. Одним из ключевых элементов лазерной системы в таких установках является лазерная головка (ЛГ). Полимерный корпус ЛГ имеет преимущества перед металлическим, такие как легкость, компактные размеры и возможность получения более сложной его конфигурации на 3D-принтере [12]. Однако, несмотря на все преимущества, полимерный корпус имеет и свои недостатки. Он менее долговечен, чем металлические аналоги, и может быть подвержен деформациям и повреждениям. Кроме того, при использовании ЛГ в условиях повышенной температуры или влажности полимерный корпус может терять свои физико-химические свойства и вызывать сбои в работе устройства.

Для подтверждения сохранения функциональности ЛГ, у которой в качестве базового компонента используется полимерный корпус, необходимо решить одну из важных задач, связанную с созданием методики проверки (определения) ее работоспособного состояния. Это позволит своевременно выявлять и устранять возможные проблемы, связанные с конструкцией полимерного корпуса и технологией его изготовления, что в свою очередь обеспечит надежную и долгосрочную работу маркировочной лазерной установки с ЧПУ.

Маркировочный шаблон для выявления отклонений, вызванных деградацией пластика

В основу проверки работоспособного состояния лазерной головки с полимерным корпусом положен *метод сравнения* результата маркировки, с его идеальным маркировочным шаблоном, по которому он был получен. Маркировочный шаблон, представленный на рис. 1, был создан заранее для выявления отклонений, вызванных деградацией пластика. Он состоит из нескольких элементов, целью которых является проверка работы лазерной системы в различных режимах.

Квадраты с диагоналями (см. рис. 2) используются для выявления точности маркировки по линейным векторам. Габаритные размеры квадратов указаны на маркировочном шаблоне: 45 мм и 90 мм соответственно.

Окружность и эллипс (см. рис. 3) определяют точность криволинейной маркировки. Окружность должна быть вписана в малый квадрат; размер малой оси эллипса соответствует размеру стороны малого квадрата, размер большой оси – стороне большого. Эллипс касается квадратов в точках.

Фигуры в углах большого квадрата, представленные на рис. 4, служат для проверки заливки с различной плотностью. Цифры у каждого угла указывают плотность заливки в линиях на миллиметр. Фигуры должны сформировать окружность диаметром 90 мм, вписанную в большой квадрат.

Под маркировочным шаблоном маркируется дата и время маркировки для фиксации изменений с течением времени.

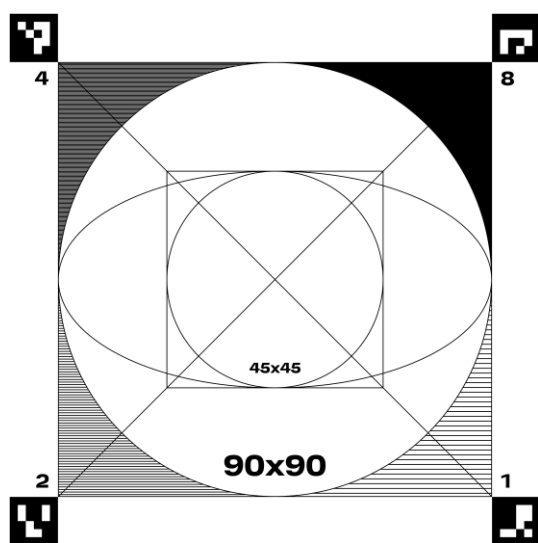


Рис. 1. Файл тестовой маркировки

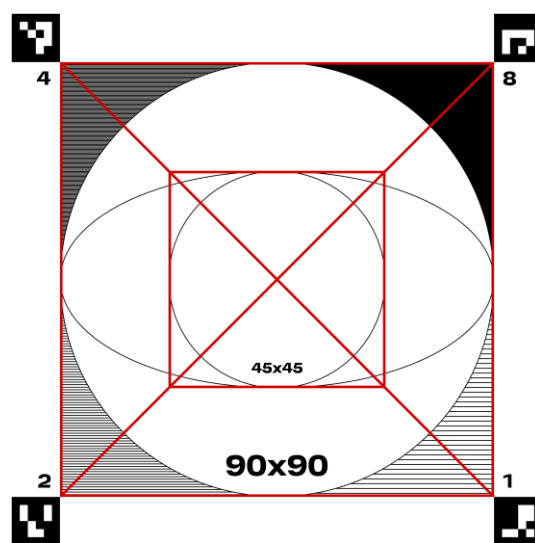


Рис. 2. Линейные активные векторы

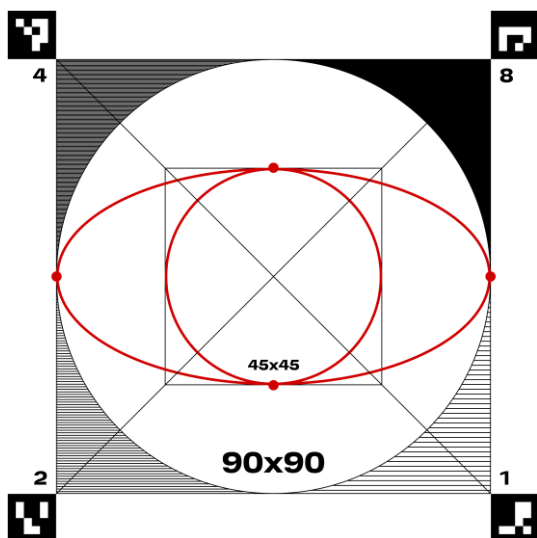


Рис. 3. Криволинейные активные векторы

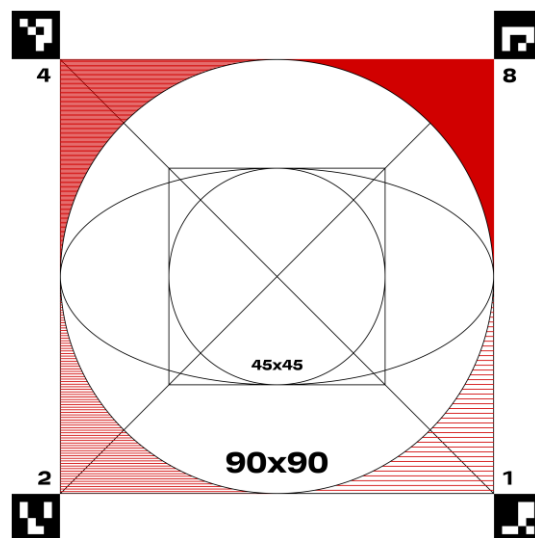


Рис. 4. Заливка углов

Методика проверки работоспособности лазерной головки

Для оценки результатов маркировки, характеризующих работоспособное состояние лазерной головки с полимерным корпусом, была разработана программа МаркерСкан, которая написана на языке программирования Python и предназначена для нахождения разницы между двумя изображениями [13]. Работа программы тесно связана с использованием различных библиотек, каждая из которых выполняет свою уникальную функцию. Для обработки изображений применяются библиотеки OpenCV и Pillow, предоставляющие широкий спектр возможностей для работы с графикой [14–16]. NumPy и Math используются для выполнения математических вычислений, что особенно важно для научных и инженерных приложений [16]. Наконец, PyQt6 служит основой для создания графического интерфейса пользователя, обеспечивая удобство его взаимодействия с программой [13]. На рис. 5 представлены стартовое окно и блок-схема программы.

Предлагаемая методика состоит из следующих 7 этапов:

1. Открыть программу управления лазерной системой ПО MaxiGraf.
2. Найти фокусное расстояние объектива:
 - а. Навесить шаблон фокусировки (см. рис. 6) на объектив.
 - б. Опускать блок маркировки до касания, используя программный модуль управления осями координат, представленный на рис. 7.
3. Открыть файл с маркировочным шаблоном.
4. Нанести тестовую маркировку на черную маркировочную бумагу.

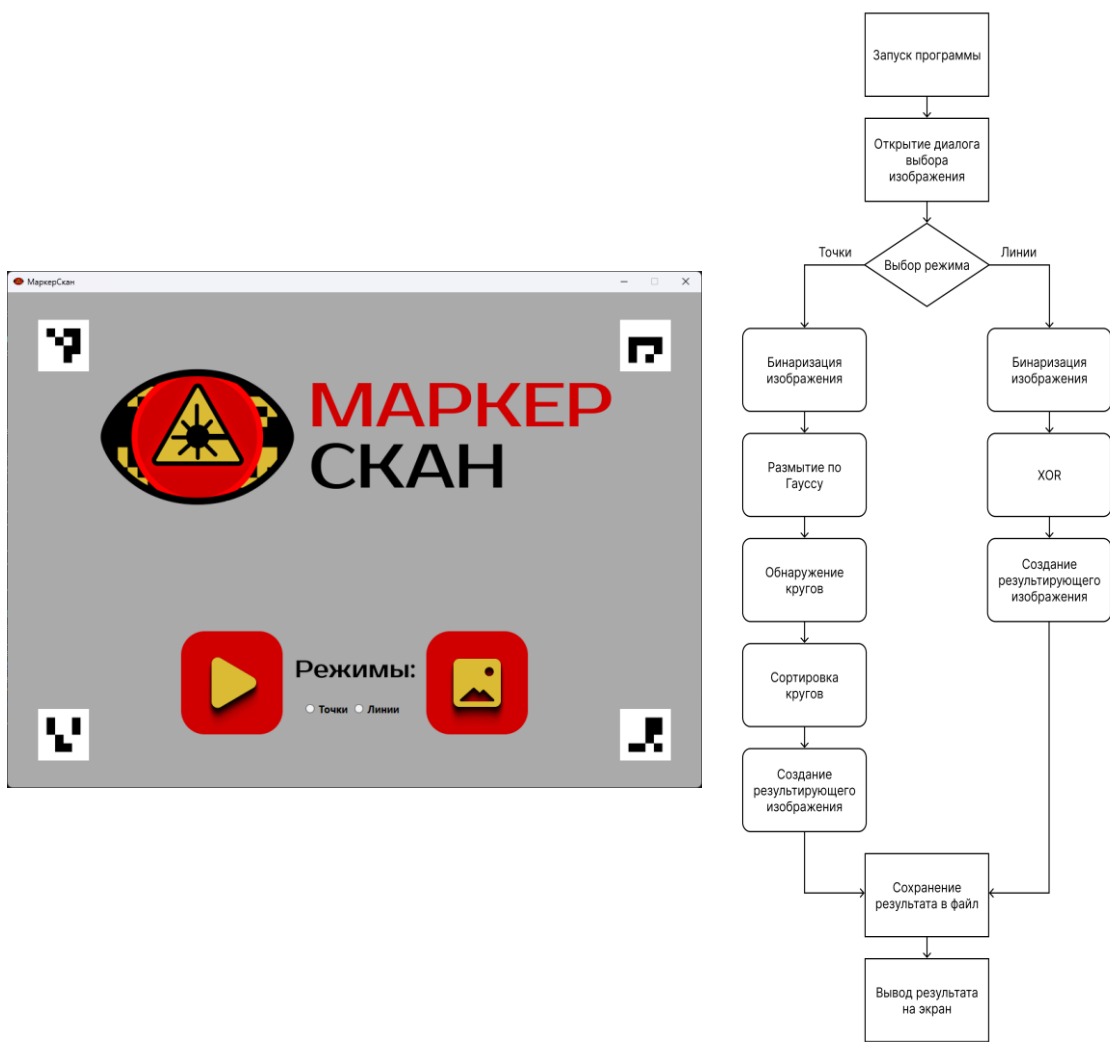


Рис. 5. Стартовое окно и блок-схема программы «МаркерСкан»

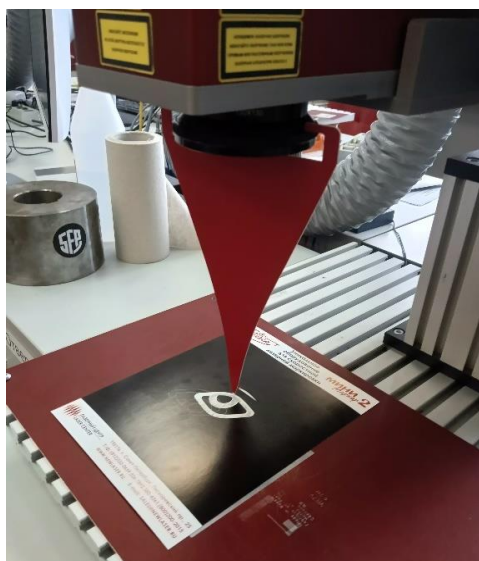


Рис. 6. Шаблон фокусировки лазерного оборудования «МиниМаркер2-М20А4» производства ООО «Лазерный центр», г. Санкт-Петербург

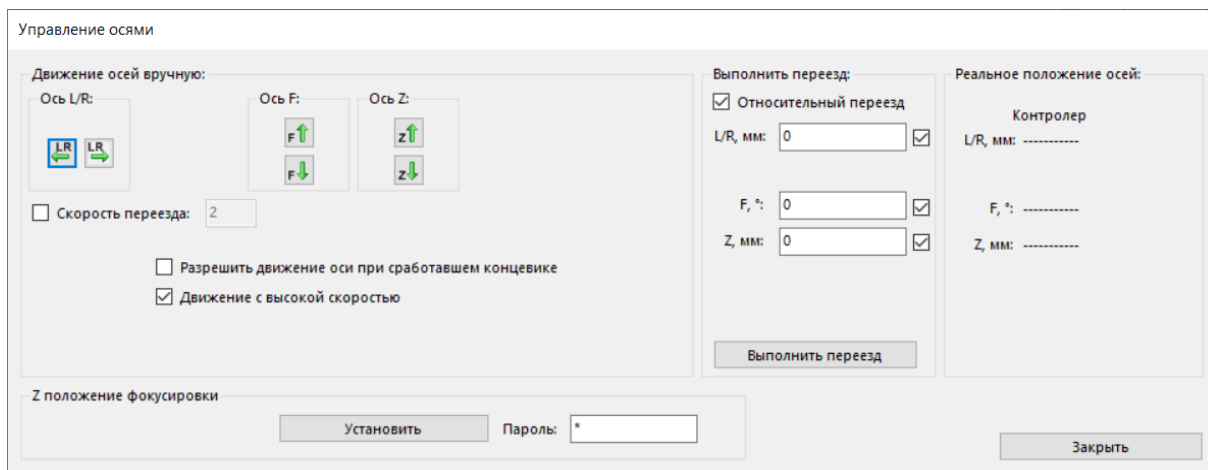


Рис. 7. Управление осями в ПО MaxiGraf

5. Отсканировать полученную маркировку и сохранить файл в отдельную папку полученных сканов.
6. Выполнить сравнение скана полученной маркировки с ее эталонным образцом (см. рис. 8).

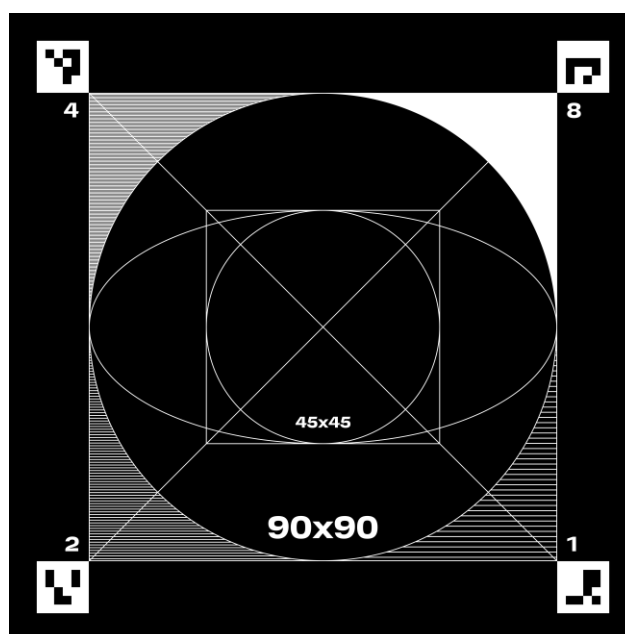


Рис. 8. Образец маркировки

7. Зафиксировать результаты измерений, сохранив их отдельным файлом в папке, содержащей результаты сравнения в конкретную дату и промежуток времени.

Заключение

В ходе проведенных работ был создан маркировочный шаблон, создана программа обработки изображений для обнаружения отклонений действительного результата лазерной маркировки от маркировочного шаблона, а также разработана методика определения работоспособности лазерной головки с пластиковым корпусом. Разработанная методика позволит оценить качество и долговечность корпуса, а также выявить проблемы на ранних стадиях его внедрения. Это, в свою очередь, поможет повысить надежность функционирования маркировочной лазерной установки с ЧПУ. В настоящее время ведется проверка функциональности разработанного маркировочного шаблона и сбор статистической информации для анализа возможных отклонений в работе ЛГ, вызванных деградацией пластика.

Благодарность: Авторы выражают благодарность компании ООО «Лазерный центр» за предоставленные консультации и дополнительную информацию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Петкова А.П., Ганзуленко О.Ю. Технологические аспекты маркировки изделий машиностроения прецизионным импульсным лазером // Современное машиностроение. Наука и образование. 2014. No 4. С. 1177–1187.
- [2] Mohd Noor Firdaus Bin Haron, Fadlur Rahman Bin Mohd Romlay. Parametric study of laser engraving process of AISI 304 Stainless Steel by utilizing fiber laser system // IOP Conference Series 2019: Materials Science and Engineering 469(1) 012124.
- [3] Andreev A.O., Kosenko M.S., Petrovskiy V.N., Mironov V.D. Prototyping of Dental Structures Using Laser Milling // Journal of Physics 2016: Conference Series 691(1) 012007.
- [4] Vasilev O.S., Veiko V.P., Gorny S.G., Ruzankina J.S. Laser device for microstructuring a metal surface using a fiber laser // Optical journal 2015. 82(12) 70-77.
- [5] Васильев О.С., Горный С.Г. Технология создания поверхностных микроструктур на листовых материалах с использованием волоконного лазера // Металлообработка 2016. 93(3) 20-25.
- [6] Przestacki D., Jankowiak M. Surface roughness analysis after laser assisted machining of hard to cut materials. // Journal of Physics 2014: Conference Series 483(1) 012019.

- [7] Nasedkin Yu. V., Khmel'nitsky A. K. Laser cutting of carbon fiber-reinforced plastic thin sheets // Journal of Physics 2018: Conference Series 1109(1) 012041.
- [8] Larin M.V., Pevzner Y.B., Grinin O.I., Lasota I.T. The use of single-mode fiber laser for welding of stainless steel thin thickness // Journal of Physics 2018: Conference Series 1109(1) 012036.
- [9] Efimov A.E., Timofeev D.Y., Maksarov V.V. Modeling dynamic processes at stage of formation of parts previously subjected to high-energy laser effects // IOP Conf. Series 2018: Materials Science and Engineering, 327(1) 22026.
- [10] Maksarov V.V., Khalimonenko A.D. Quality assurance during milling of precision elements of machines components with ceramic cutting tools // International Review of Mechanical Engineering 2018. 5(12) 437-441.
- [11] Maksarov V.V., Khalimonenko A.D. Forecasting performance of ceramic cutting tool // Key Engineering Materials 2017. 736(1) 86-90.
- [12] Пьяе П.А., Помпеев К.П., Николаев А.Д., Васильев О.С., Горный С.Г. Модернизация конструкции корпуса лазерной головки с учетом возможностей аддитивного оборудования // Изв. вузов. Приборостроение. 2022. Т. 65, № 1. С. 49–57.
- [13] Python 3 и PyQt 6. Разработка приложений / Н.А. Прохоренко, В.А. Дронов. – СПб.: БХВ-Петербург, 2023. – 832 с.
- [14] Применение функций OpenCV в компьютерном зрении (60 примеров на Python) / С.А. Молодяков. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2022. – 296 с.
- [15] Learning OpenCV 4 Computer Vision with Python 3 – Third Edition / Howse J., Minichino J. – Birmingham: Packt Publishing Ltd., 2020. – 372 p.
- [16] Tesfaye F.G., Galety M.G., Garamu T.I. Empowering Scientific Computing and Data Manipulation With Numerical Python (NumPy) // Advanced Applications of Python Data Structures and Algorithms. – 2023. – pp. 147–161.

THE METHOD OF CHECKING THE OPERABILITY OF LASER HEADS WITH MODIFIED POLYMER HOUSINGS

^{1, 2, 3} ITMO University, St. Petersburg, Russia;

⁴ Laser Centre LLC, St. Petersburg, Russia.

Abstract

The article considers the issue of creating a methodology for verifying the operability of laser heads with modified polymer housings made on a 3D printer in order to confirm their functionality.

Key words: laser marking machine, laser head, method, workable state, polymer housings, 3D printer, CNC.

REFERENCES

- [1] Petkova A.P., Ganzulenko O.Yu. Technological aspects of the marking of engineering products by a precision pulsed laser Modern engineering // Modern Mechanical Engineering. Science and Education, Materials of the 4th International Scientific and Practical Conference, St.Petersburg, 2014. No 4. pp. 1177–1187. (rus.)
- [2] Mohd Noor Firdaus Bin Haron, Fadlur Rahman Bin Mohd Romlay. Parametric study of laser engraving process of AISI 304 Stainless Steel by utilizing fiber laser system // IOP Conference Series 2019: Materials Science and Engineering 469(1) 012124.
- [3] Andreev A.O., Kosenko M.S., Petrovskiy V.N., Mironov V.D. Prototyping of Dental Structures Using Laser Milling // Journal of Physics 2016: Conference Series 691(1) 012007.
- [4] Vasilev O.S., Veiko V.P., Gorny S.G., Ruzankina J.S. Laser device for microstructuring a metal surface using a fiber laser // Optical journal 2015. 82(12) 70-77.
- [5] Vasilev O.S., Gorny S.G. Technology for creating surface microstructures on sheet materials using a fiber laser // Metalworking, Politekhnik Publishing House, 2016. 93(3) 20-25. (rus.)
- [6] Przystacki D., Jankowiak M. Surface roughness analysis after laser assisted machining of hard to cut materials. // Journal of Physics 2014: Conference Series 483(1) 012019.
- [7] Nasedkin Yu. V., Khmel'nitsky A. K. Laser cutting of carbon fiber-reinforced plastic thin sheets // Journal of Physics 2018: Conference Series 1109(1) 012041.

- [8] Larin M.V., Pevzner Y.B., Grinin O.I., Lasota I.T. The use of single-mode fiber laser for welding of stainless steel thin thickness // Journal of Physics 2018: Conference Series 1109(1) 012036.
- [9] Efimov A.E., Timofeev D.Y., Maksarov V.V. Modeling dynamic processes at stage of formation of parts previously subjected to high-energy laser effects // IOP Conf. Series 2018: Materials Science and Engineering, 327(1) 22026.
- [10] Maksarov V.V., Khalimonenko A.D. Quality assurance during milling of precision elements of machines components with ceramic cutting tools // International Review of Mechanical Engineering 2018. 5(12) 437-441.
- [11] Maksarov V.V., Khalimonenko A.D. Forecasting performance of ceramic cutting tool // Key Engineering Materials 2017. 736(1) 86-90.
- [12] Pyae P.A., Pompeev K.P., Nikolaev A.D., Vasilev O.S., Gorny S.G. Modernization of the laser head housing design based on the capabilities of additive equipment. Journal of Instrument Engineering. 2021. Vol. 65, N 1, pp. 49–57. (rus.)
- [13] Python 3 and PyQt 6. Application development / N.A. Prokhorenok, V.A. Dronov. – SPb: BHV-Petersburg, 2023. – 832 pp. (rus.)
- [14] Application of OpenCV functions in computer vision (60 Python examples) / S.A. Molodyakov. – SPb: Polytechnic University Publishing House, 2022. – 296 pp. (rus.)
- [15] Learning OpenCV 4 Computer Vision with Python 3 – Third Edition / Howse J., Minichino J. – Birmingham: Packt Publishing Ltd., 2020. – 372 p.
- [16] Tesfaye F.G., Galety M.G., Garamu T.I. Empowering Scientific Computing and Data Manipulation With Numerical Python (NumPy) // Advanced Applications of Python Data Structures and Algorithms. – 2023. – pp. 147–161.