

## КОМПЛЕКСНЫЕ РЕШЕНИЯ НА ОСНОВЕ АВТОМАТИЧЕСКИ СМЕННЫХ МОДУЛЕЙ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЙ ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКИ НА СТАНКАХ С ЧПУ

**П.А. Огин, Д.Г. Левашкин**

*Тольяттинский государственный университет, г. Тольятти*

Обобщен накопленный практический опыт в области разработки технических решений, направленных на поиск экономически выгодных путей интеграции технологий лазерной обработки в современное производство и решение вопросов их автоматизации в условиях многономенклатурного выпуска изделий машиностроения. На основе проведенного анализа спроса на технологии лазерной обработки - показано, что для условий современного производства актуальны разработки комплексных технических решений в области автоматизации технологий лазерной обработки, обеспечивающих кратное снижение их стоимости в действительных рыночных условиях.

В качестве одного из направлений по данной тематике в статье рассмотрен подход на основе разработки и внедрения автоматически сменных модулей, реализующих технологии лазерной обработки, в производственные циклы функционирования современного автоматизированного станочного оборудования. При этом предлагается на основе блочно-модульного принципа компоновки создать комплекс автоматически сменных модулей, что позволит на практике выработать техническое решение для автоматизации технологий лазерной обработки практически под любые индивидуальные задачи промышленных предприятий.

Приведена конструкция устройства для реализации технологии лазерной маркировки в рабочей зоне современного автоматизированного станочного оборудования. Представлено описание и концепция предлагаемого устройства, а также вариант его технического исполнения. Для решения вопросов автоматизации разработан алгоритм, позволяющий организовать функционирование устройства от штатной системы управления оборудованием при реализации технологий лазерной маркировки в рабочей зоне современного станка с ЧПУ. В основе конструкции модуля предложено использовать элементы стандартной и унифицированной оснастки автоматизированного станочного оборудования, а также элементы современного оптоволоконного лазера. Применительно к предложенной конструкции модуля приведены рекомендации по организации циклов автоматизированной лазерной маркировки деталей. По результатам представленного исследования сформулированы ожидаемые эффекты использования модуля предлагаемой конструкции в комплексном подходе к решению вопросов автоматизации технологий лазерной обработки, основные из которых – кратное снижение себестоимости продукции за счет сокращения затрат на оборудование и высокая производительность обработки деталей за счет сокращения потерь времени на подготовку производства.

*Ключевые слова: обработка лазером, оптоволоконный лазер, автоматически сменный модуль, станок с ЧПУ, лазерная маркировка, фотоника.*

### Введение

Современные станочные комплексы и системы для реализации лазерных технологий обработки в производстве развиваются обособлено. В настоящее время на рынке промышленного оборудования сложилась критическая ситуация, при которой существует как рынок металлообрабатывающего оборудования, так и рынок фотоники. Объемы данных рынков составляют 75 млрд и 70 млрд долл. соответственно [1–3]. В ближайшей перспективе рынок фотоники вырастет до 500 млрд долл. [4, 5]. Основу продаж технологического сектора рынка фотоники составляют лазерные технологические комплексы (ЛТК). До появления ЛТК на основе оптоволоконных лазе-

ров технические решения в этой области сопровождались высокими затратами на организацию и подготовку производства к выпуску готовой продукции, связанными зачастую со сложной конструкцией ЛТК, в частности его оптической составляющей. Широкое внедрение ЛТК на основе оптоволоконного лазера за последние пять лет позволило наряду с развитием технико-производственных показателей ЛТК широко применить принципы унификации и взаимозаменяемости основных узлов ЛТК с узлами современных производственных комплексов, в частности станков с ЧПУ.

Это позволило существенно снизить производственные затраты, улучшить технологические показатели и снизить затраты на обслуживание ЛТК на основе оптоволоконных лазеров.

Следующим логичным шагом на пути развития ЛТК может стать их интеграция в современные станочные комплексы и обрабатывающие центры с числовым программным управлением (ЧПУ) [6–8]. Это позволит кратно снизить конечную (потребительскую) стоимость технологий лазерной обработки за счет исключения дублирующих элементов станочных систем, синтеза структурно-компоновочных решений рабочих позиций ЛТК из единой компонентной и информационной базы узлов (системы перемещений по координатным осям, инструментальные системы, системы технологического оснащения) современных станков с ЧПУ.

Примером такой интеграции может служить разработанное концерном DMG MORI (Германия) семейство обрабатывающих комплексов LASERTEC с применением современного лазера в рабочей зоне станка установленного на отдельном поворотном модуле.

Однако при этом не происходит снижения себестоимости лазерной обработки, ввиду затрат на инжиниринг и последующую модернизацию оборудования, необходимости усовершенствования его системы управления, что является ограничением в дальнейшем развитии данного направления ЛТК (стоимость таких станков доходит до 1 млн евро).

Кроме того, данное техническое решение – в виде отдельной позиции оборудования имеет ряд технических ограничений связанных с габаритами рабочей зоны стола, жесткостью станка, производительностью установленных на станке приводных систем.

Все это в совокупности с высокой стоимостью оборудования накладывает существенные ограничения при реализации технологий лазерной обработки для широкого спектра деталей.

Поэтому следующим этапом развития технологического сектора рынка фотоники является разработка и создание комплекса технических устройств на основе автоматически сменных модулей для реализации технологий лазерной обработки применительно к любым современным станкам с ЧПУ. При этом разработка различных технологий лазерной обработки будет осуществляться на базе существующих разработок и исследований по данным тематикам [9–19].

В настоящее время в Тольяттинском государственном университете ведутся разработки в области создания комплексных решений на основе автоматически сменного модуля (далее – модуль) для реализации технологий лазерной обработки на станках с ЧПУ фрезерной и расточной групп, в частности маркировки, нанесения покрытий, резки, термоупрочнения, сварки [20]. Предложено вести разработку комплекса данных устройств на основе блочно-модульного принципа компоновки. Это позволит производить на практике выбор необходимого комплекта взаимозаменяемых блоков для решения конкретной технологической задачи с учетом особенностей станка с ЧПУ.

В этой связи, целью работы явилась разработка конструкции автоматически сменного модуля для реализации технологии лазерной маркировки на станке с ЧПУ MILLSTAR MV660.

### 1. Методология исследования

При разработке конструкции модуля были учтены технические особенности станка ЧПУ MILLSTAR MV660, в частности конструкция его инструментального магазина, алгоритм установки и смены инструмента, функционал системы ЧПУ.

Станок оснащен инструментальным магазином дискового типа с возможностью установки 20 инструментальных блоков с установочным конусом типа BT 40. Механизм смены инструмента выполнен в виде двухпозиционного манипулятора с механизмом зажима и разжима. Станок оснащен системой ЧПУ FANUC0i-MC. Общий вид станка приведен на рис. 1.

На рис. 2 приведено скомпонованное техническое решение разработанного модуля для лазерной маркировки деталей, установленных на столе станка MILLSTAR MV660.



Рис. 1. Общий вид станка MILLSTAR MV660



Рис. 2. Станок MILLSTAR MV660 с установленным в шпинделе модулем лазерной маркировки

В качестве источника лазерного излучения для модуля могут быть использованы лазеры импульсные, непрерывные, квазинепрерывные. Выбор источника лазерного излучения определяется производственными потребностями, а также из экономических соображений. Включение и выключение источника лазерного излучения осуществляется по команде ЧПУ станка, согласно рабочей программе.

## 2. Экспериментальные исследования

При выполнении работ функционирование модуля предложено выполнять по алгоритмической схеме. Непосредственно перед установкой в шпиндель станка с ЧПУ модуль размещают в любое свободное гнездо инструментального магазина. Свободный шпиндель станка в автоматическом режиме перемещается в позицию смены инструмента. Источник лазерного излучения отключен. Цикл маркировки начинается с команды управляющей программы ЧПУ станка на замену инструмента, согласно которой магазин инструментов поворачивается в точку захвата манипулятором, происходит захват модуля и его установка в шпинделе станка. Манипулятор возвращается в исходное положение. Шпиндель станка с установленным модулем перемещается в позицию обработки. Далее по команде ЧПУ осуществляется подключение устройства и лазерная обработка согласно разработанной управляющей программе ЧПУ. Дальнейшая смена устройства осуществляется в обратном порядке.

На станке MILLSTAR MV660 были отработаны циклы лазерного маркирования совместно с циклами механической обработки корпусной детали. Алгоритмическая последовательность отработки комбинированной технологии механической (лезвийной) и лазерной обработки включает четыре этапа.

Этап 1. Разработка управляющей программы ЧПУ комбинированной механической (лезвийной) и лазерной обработки.

Этап 2. Технологическая подготовка оборудования. Этап включает установку заготовки в технологическом оснащении рабочей зоны станка. Размещение модуля лазерной обработки в инструментальном магазине. Размещение в инструментальном магазине инструментальных блоков необходимых для механической обработки детали.

Этап 3. Отработка циклов комбинированной механической (лезвийной) и лазерной обработки согласно управляющей программы ЧПУ. Этап включает механическую обработку детали. Автоматическую замену инструментального блока и установку модуля лазерной обработки в шпинделе станка. Включение источника лазерного излучения. Отработку циклов лазерной маркировки. Отключение источника лазерного излучения. Переустановку модуля лазерной обработки в магазин инструментов. Завершение цикла механической (лезвийной) обработки детали (при необходимости).

Этап 4. Переустановка детали.

### 3. Выводы

1. В ходе выполнения работы были рассмотрены вопросы интеграции технологий лазерной обработки в современные станочные комплексы. Это позволило создать на основе блочно-модульного принципа компонования комплексный подход для разработки технических решений автоматически сменных модулей, реализующих различные технологии лазерной обработки, применительно к станкам ЧПУ фрезерной и расточной групп.

2. Разработанная и изготовленная в виде рабочего макета блочно-модульная конструкция автоматически сменного модуля позволяет реализовывать технологию лазерной маркировки на станке с ЧПУ MILLSTAR MV660 для корпусных деталей, а также способствует кратному снижению себестоимости этой технологии за счет использования унификации с единой компонентной базой станка. При этом без существенной модернизации станка – расширяются его функциональные возможности.

3. Суммарный технико-экономический эффект от использования предлагаемого модуля позволилкратно сократить издержки на реализацию технологии лазерной маркировки на имеющемся станке с ЧПУ за счет:

- отсутствия необходимости приобретения отдельной позиции лазерного центра для реализации задач лазерной обработки;
- сокращения времени на маркировку детали (исключается необходимость переустановки детали, настройки лазерного центра на обработку детали, разработки управляющей программы);
- сокращения сроков подготовки технологического оборудования.
- относительной простоты предлагаемого технического решения модуля как средства для реализации технологии лазерной обработки на станках с ЧПУ.

### 4. Обсуждение и применение

Развитие конструкции модуля, расширение номенклатуры применяемых типовых и унифицированных блоков, а также технико-экономическое сравнение различных технологий лазерной обработки с его применением является предметом дальнейших исследований.

### Литература

1. *World Machine-Tool Output and Consumption Survey. Gardner Research. – Cincinnati: Gardner Business Media, 2015. – 8 p.*
2. Казакевич, В.С. Тенденции развития рынка лазерных технологий для решения задач лазерной обработки материалов. Ч. 1: Мировой лазерный рынок / В.С. Казакевич, С.И. Ярьско // *Изв. Самар. науч. центра РАН. – 2014. – Т. 16, № 4. – С. 266–275.*
3. Афримович, В.Б. Тенденции развития рынка лазерных технологий для решения задач лазерной обработки материалов. Ч. 2: Рынок лазерных технологий в России и Самарской области / В.Б. Афримович, В.С. Казакевич, С.И. Ярьско // *Изв. Самар. научн. центра РАН. – 2014. – Т. 16, № 4. – С. 276–286.*
4. Ковш, И.Б. Стратегическая программа на 2015–2025 годы технологической платформы «Инновационные лазерные, оптические и оптоэлектронные технологии – Фотоника» / И.Б. Ковш. – 59 с.
5. *Распоряжение правительства РФ от 24 июля 2013 г. – № 1305-р. – 23 с.*
6. Малышев, В.И. Автоматизация гибридных и комбинированных технологий на основе модернизации станочного оборудования и выбора кинематических связей / В.И. Малышев, Д.Г. Левашкин, А.С. Селиванов // *Вектор науки ТГУ. – 2010. – № 3. – С. 70–74.*
7. Пат. 2443534 Российская Федерация. Станок многоцелевой с числовым программным управлением, лазерной оптической головкой и автоматической сменой инструмента / В.Н. Жаринов, В.В. Жаринов. – Оpubл. 27.02.2012, Бюл. № 6.
8. *Рекламный проспект фирмы DMG-Mori. Линейка станков LASERTEC для реализации высокоэнергетических технологий. – 54 с.*
9. Григорьяни, А.Г. Технические процессы лазерной обработки / А.Г. Григорьяни, И.Н. Щиганов, А.И. Мусюров. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. – 664 с.
10. Gorinin, V. Laser Modification of Tribological Behavior of Steel and Nonferrous Alloys / V. Gorinin, S. Kondratiev, V. Popov // *Fotonika. – 2010. – № 3. – P. 26–32.*

11. *Thermal fatigue properties of laser treated steels* / S.N. Aqida, F. Calosso, D. Brabazon et al. // *International Journal of Material Forming*. – 2010. – Vol. 3, Iss. 1. – P. 797–800. DOI: 10.1007/s12289-010-0890-1
12. *Slurry erosion studies on surface modified 13Cr-4Ni steels: Effect of angle of impingement and Материаловедение 73 particle size* / T. Manisekaran, M. Kamaraj, S.M. Sharrif, S.V. Joshi // *Journal of materials engineering and performance*. – 2007. – Vol. 16, Iss. 5. – P. 567–572. DOI: 10.1007/s11665-007-9068-5
13. *Dry sliding friction wear behaviour of high power diode laser hardened steels and cast iron* / K. Sridhar, V.A. Katkar, P.K. Singh, J.M. Haake // *Surface engineering*. – 2007. – Vol. 23, Iss. 2. – P. 129–141. DOI: 10.1179/174329407x174461
14. *Gisario, A. Characterization of laser treated steels using instrumented indentation by cylindrical flat punch* / A. Gisario, M. Barletta, A. Boschetto // *Surface and Coatings Technology*. – 2008. – Vol. 202, Iss. 12. – P. 2557–2569. DOI: 10.1016/j.surfcoat.2007.09.024
15. *Microstructure and mechanical properties of laser-welded joints of TWIP and TRIP steels* / L. Mujica, S. Weber, H. Pinto et al. // *Materials Science and Engineering: A*. – 2010. – Vol. 527, Iss. 7. – P. 2071–2078. DOI: 10.1016/j.msea.2009.11.050
16. *Grain refinement mechanism of multiple laser shock processing impacts on ANSI 304 stainless steel* / J.Z. Lu, K.Y. Luo, Y.K. Zhang et al. // *Acta Materialia*. – 2010. – Vol. 58, Iss. 16. – P. 5354–5362. DOI: 10.1016/j.actamat.2010.06.010
17. *Adel K. M., Dhia A. S., Ghazali M. J. The effect of laser surface hardening on the wear and friction characteristics of acicular bainitic ductile iron* // *International Journal of Mechanical and Materials Engineering*. – 2009. – Vol. 4, № 2. – P. 167–171.
18. *Laser surface hardening of AISI H13 tool steel* / J.-H. Lee, J.-H. Jang, B.-D. Joo et al. // *Transactions of Nonferrous Metals Society of China (English Edition)*. – 2009. – Vol. 19, № 4. – P. 917–920.
19. *Laser transformation hardening on rod-shaped carbon steel by Gaussian beam* / J.-D. Kim, M.-H. Lee, S.-J. Lee, W.-J. Kang // *Transactions of Nonferrous Metals Society of China (English Edition)*. – 2009. Vol. 19, № 4. – P. 941–945.
20. Огин, П.А Реализация энергоэффективных технологий на современных станках с ЧПУ путем применения автоматически сменных модулей на примере лазерной обработки / П.А. Огин, Д.Г. Левашкин // *Вектор науки ТГУ*. – 2016. – № 2(36). – С. 40–45.

**Огин Павел Александрович**, аспирант кафедры «Нанотехнологии, материаловедение и механика», Тольяттинский государственный университет, г. Тольятти, fantom241288@yandex.ru.

**Левашкин Денис Геннадьевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры «Оборудование и технологии машиностроительного производства», Тольяттинский государственный университет, г. Тольятти, levashkind@rambler.ru.

*Поступила в редакцию 25 августа 2016 г.*

DOI: 10.14529/engin160304

## **SOLUTIONS BASED ON AUTOMATIC CHANGEABLE MODULES USED FOR IMPLEMENTATION OF THE LASER TECHNOLOGY ON MACHINING CNC**

**P.A. Ogin**, fantom241288@yandex.ru,  
**D.G. Levashkin**, levashkind@rambler.ru  
Togliatti State University, Togliatti, Russian Federation

The paper is a generalization of lessons learned in the development of technical solutions aimed at finding cost-effective ways of integrating laser processing technology in modern production, and address their automation under conditions of multiproduct release engineering

products. Based on the analysis of demand for laser processing technology shows that the conditions for a modern production of relevant development of integrated technical solutions in the field of automation of laser processing technologies, providing fold reduction in their value in real market conditions.

As one of the directions on this subject in the article the approach based on the development and implementation of automatically interchangeable modules that implement laser processing technology, the production cycles of the automated functioning of modern machine tools. It is proposed on the basis of block-modular principle composition automatically create a set of interchangeable modules that allow practice to develop a technical solution for the automation of laser processing technologies for almost any individual tasks of industrial enterprises.

It shows the design of the device for the implementation of laser marking technology in the working area of the modern automated machining equipment. The description and the concept of the device, as well as a variant of its technical performance. To address issues of automation developed an algorithm that allows you to organize the functioning of the device from the standard equipment of the control system in the implementation of laser marking technology in a production area of modern CNC machine. At the core of the module design it is proposed to use the elements of a standard and unified automated tooling machine equipment, as well as elements of modern fiber laser. With regard to the proposed design of the module provides guidance on the organization of cycles of automated laser marking of parts. According to the results of the present study formulated the expected effects of the use of a module of the proposed design for an integrated approach to addressing the automation of laser processing technology, the main of which – fold reduction of production cost by reducing the cost of equipment, and high-performance machining of parts due to the time loss reduce production preparation.

*Keywords: laser processing, optical fiber laser, automatic changeable module, CNC machine, laser marking, photonics.*

### References

1. World Machine-Tool Output & Consumption Survey. Gardner Research, 2015. 8 p.
2. Kazakevich V.S., Jares'ko S.I. [Tendencies of Development of the Market of Laser Technologies for the Solution of Problems of Laser Processing of Materials. Part 1. The World Laser Market]. *Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*, 2014, vol. 16, no. 4, pp. 266–275. (in Russ.)
3. Afrimovich V.B., Kazakevich V.S., Yares'ko S.I. [Tendencies of Development of the market of laser technologies for the solution of problems of laser processing of Materials. Part 2. The Market of Laser Technologies in Russia and the Samara Region]. *Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*, 2014, vol. 16, no. 4, pp. 276–286. (in Russ.)
4. Kovsh I.B. *Strategicheskaya programma na 2015–2025gody tekhnologicheskoy platformy “Innovatsionnye lazernye, opticheskie i optoelektronnye tekhnologii – Fotonika”* [The Strategic Program on 2015-2025 of a Technological Platform “Innovative Laser, Optical and Optoelectronic Technologies – Photonics”]. Available at: <http://www.photonica.cislaser.com/data/data/dokumenty/strateg.prog.2015-2025.pdf> (accessed 15.08.2016).
5. *Rasporyazhenie pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 24 iyulya 2013 goda № 1305-r* [The Order of the Government of the Russian Federation of July 24, 2013, no. 1305-r].
6. Malyshev V.I., Levashkin D.G., Selivanov A.S. [Hybrid and Combined Technologies Automation are Based on CNC-Machine Tool Equipment Modernization and Kinematical Connections Choice] *Vektor nauki TGU*, 2010, no. 3, pp. 70–74. (in Russ.)
7. Zharinov V.N., Zharinov V.V. *Stanok mnogotsелеvoy s chislovyim programmnyim upravleniem, lazernoy opticheskoy golovkoy i avtomaticheskoy smenoy instrumenta* [The Machine Multi-Purpose with Numerical Control, a Laser Optical Head and Automatic Change of the Tool]. Patent RF, no. 2443534, 2012.
8. *Reklamnyy prospekt firmy DMG-Mori. Lineyka stankov LASERTEC dlya realizatsii vysokoenergeticheskikh tekhnologiy* [Brochure of DMG-Mori. A Line of LASERTEC Machines for Implementation of High-Energy Technologies], 54 p.
9. Grigor'yans A.G., Shchiganov I.N., Misyurov A.I. *Tekhnicheskie protsessy lazernoy obrabotki* [Technical Processes of Laser Processing]. Moscow, MGTU imeni N.E. Bauman, 2006. 664 p.

10. Gorinin V., Kondratiev S., Popov V. Laser Modification of Tribological Behavior of Steel and Nonferrous Alloys. *Fotonika*, 2010, no. 3, pp. 26–32.
11. Aqida S.N., Calosso F., Brabazon D., Naher S., Rosso M. Thermal Fatigue Properties of Laser Treated Steels. *International Journal of Material Forming*, 2010, vol. 3, iss. 1, pp. 797–800. DOI: 10.1007/s12289-010-0890-1
12. Manisekaran T., Kamaraj M., Sharrif S.M., Joshi S.V. Slurry Erosion Studies on Surface Modified 13Cr-4Ni Steels. *Journal of Materials Engineering and Performance*, 2007, vol. 16, iss. 5, pp. 567–572. DOI: 10.1007/s11665-007-9068-5
13. Sridhar K., Katkar V.A., Singh P.K., Haake J.M. Dry Sliding Friction Wear Behaviour of High Power Diode Laser Hardened Steels and Cast Iron. *Surface Engineering*, 2007, vol. 23, iss. 2, pp. 129–141. DOI: 10.1179/174329407x174461
14. Gisario A., Barletta M., Boschetto A. Characterization of Laser Treated Steels Using Instrumented Indentation by Cylindrical Flat Punch. *Surface and Coatings Technology*, 2008, vol. 202, iss. 12, pp. 2557–2569. DOI: 10.1016/j.surfcoat.2007.09.024
15. Mujica L., Weber S., Pinto H., Thomy C., Vollertsen F. Microstructure and Mechanical Properties of Laser-Welded Joints of TWIP and TRIP Steels. *Materials Science and Engineering: A*, 2010, vol. 527, iss. 7, pp. 2071–2078. DOI: 10.1016/j.msea.2009.11.050
16. Lu J.Z., Luo K.Y., Zhang Y.K., Sun G.F., Gu Y.Y., Zhou J.Z. Grain Refinement Mechanism of Multiple Laser Shock Processing Impacts on ANSI 304 Stainless Steel. *Acta Materialia*, 2010, vol. 58, iss. 16, pp. 5354–5362. DOI: 10.1016/j.actamat.2010.06.010
17. Adel K.M., Dhia A.S., Ghazali M.J. The Effect of Laser Surface Hardening on the Wear and Friction Characteristics of Acicular Bainitic Ductile Iron. *International Journal of Mechanical and Materials Engineering*, 2009, vol. 4, no. 2, pp. 167–171.
18. Lee J.-H., Jang J.-H., Joo B.-D., Son Y.-M., Moon Y.-H. Laser Surface Hardening of AISI H13 Tool Steel. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China (English Edition)*, 2009, vol. 19, no. 4, p. 917–920.
19. Kim J.-D., Lee M.-H., Lee S.-J., Kang W.-J. Laser Transformation Hardening on Rod-Shaped Carbon Steel by Gaussian Beam. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China (English Edition)*, 2009, vol. 19, no. 4, pp. 941–945.
20. Ogin P.A., Levashkin D.G. [The Implementation of Energy Efficiency Technologies on the Modern CNC Machines by Using the Automatically Replaceable Modules on the Example of Laser Processing]. *Vektor nauki TGU*, 2016, no. 2(36), pp. 40–45. (in Russ.)

Received 25 August 2016

---

**ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ**

Огин, П.А. Комплексные решения на основе автоматически сменных модулей для реализации технологий лазерной обработки на станках с ЧПУ / П.А. Огин, Д.Г. Левашкин // Вестник ЮУрГУ. Серия «Машиностроение». – 2016. – Т. 16, № 3. – С. 29–35. DOI: 10.14529/engin160304

**FOR CITATION**

Ogin P.A., Levashkin D.G. Solutions Based on Automatic Changeable Modules Used for Implementation of the Laser Technology on Machining CNC. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Mechanical Engineering Industry*, 2016, vol. 16, no. 3, pp. 29–35. (in Russ.) DOI: 10.14529/engin160304

---