

АВТОМАТИЗАЦИЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ РЕЗЬБОВЫХ ОТВЕРСТИЙ СВЕРХМАЛЫХ ДИАМЕТРОВ

Изучается процесс автоматизации производственного процесса при нарезании резьбы в отверстиях сверхмалых диаметрах ($d \leq 1,4$) в деталях из алюминиевого сплава на высокопроизводительных обрабатывающих центрах. Предложена принципиальная схема обработки резьбовых отверстий сверхмалого диаметра на высокопроизводительных обрабатывающих центрах с применением лезвийной анодно-механической обработки (АМО).

Ключевые слова: нарезание резьбы, сверхмалый диаметр, надёжность процесса, количество отказов, автоматизация процесса.

M.V. Yagodkin

AUTOMATION OF MACHINING OF THREADED HOLES OF ULTRA-SMALL DIAMETERS

The process of automation the production when cutting threads in holes of ultra small diameters ($d \leq 1,4$) in aluminum alloy parts on high-performance machining centers is studied. The schematic diagram of machining of ultra-small-diameter threaded holes on high-performance machining centers using anodic-mechanical machining (АМО) is proposed.

Key words: threading, ultra-small diameter, process reliability, number of failures, process automation.

Введение

В современном машиностроении нарезание резьбы метчиком в отверстиях сверхмалых диаметров является сложной технологической задачей. Трудности обусловлены пониженной прочностью инструмента, сложностью подвода смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ) в зону резания и отвода из неё образовавшейся стружки [1, 2]. В результате этого процесс резьбонарезания в отверстиях сверхмалых диаметров характеризуется низкой надёжностью и на производстве операция выполняется вручную слесарями высокой квалификации.

Целью данной работы является разработка способов автоматизации производственного процесса при резьбонарезании в отверстиях сверхмалых диаметров при обработке деталей на высокопроизводительных обрабатывающих центрах.

Проведение исследований

Исследования проводились при нарезании резьбы М0,8, М1,4 в предварительно просверленных отверстиях в алюминиевых сплавах марки АМг6.М ГОСТ 21631 – 76 с использованием АМО. Обработка производилась на станке «Фрезерная система с ЧПУ SP2215» с режимами $V = 30$ м/мин, Качество получаемой резьбы контролировалось Калибр-пробка М0,8х0,2 5Н6Н; М1,4х0,3 5Н6Н ГОСТ 17756 – 72.

Как было установлено в работе [3] формирование осевого момента на оси режущего инструмента при обработке обычных резьбовых отверстий и резьбовых отверстий сверхмалых диаметров имеют разный вид. Основной разницей в формировании момента служит стабилизация величины момента на оси режущего инструмента в процессе нарезания резьбы после полного захода заборного конуса рабочей части инструмента при обработке отверстий обычной резьбы. В свою очередь, при обработке резьбовых отверстий сверхмалых диаметров формирование момента на оси режущего инструмента выглядит как гипербола, стремящаяся к бесконечности, на участке с резким увеличением осевого момента режущий инструмент практически не перемещается по длине нарезаемого резьбового отверстия,

фактически происходит заклинивание метчика и дальнейшая обработка приведёт к слому инструмента в отверстии привода к браку изделия. Во избежание поломки режущего инструмента в процессе нарезания резьбы в отверстиях сверхмалых диаметров осуществляется принудительный реверсный ход, при котором осуществляется полное удаление инструмента из обрабатываемого отверстия для удаления стружки из стружечных канавок метчика и отверстия.

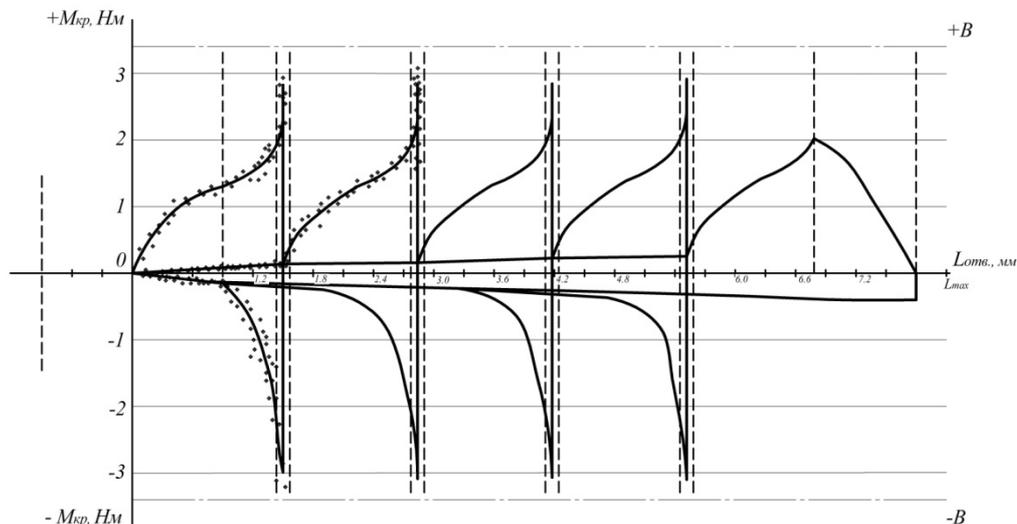


Рис. 1. - Формирование осевого момента резания при обработке отверстий М1,4×0,3

Применение реверса несёт в себе ряд отрицательных факторов, первое из которых является увеличение длины перемещения режущего инструмента в процессе резания, что приводит к увеличению машинного времени и удорожанию производства.

Как было показано в работе [4] к следующему отрицательному фактору относится, остаток корней стружки большей или меньшей длины, что зависит от ряда факторов. При обратном вращении метчика каждый его зуб должен смять, так называемую, «донную» стружку, на что требуется крутящий момент существенно больший момента при прямом вращении. В работе [5] было показано, что в случае попадания стружки при реверсе под режущий зуб метчика осевая сила достигает значительных величин и превосходит осевую силу резания в 10-30 раз. Это может приводить к поломке зуба и к явлению повторного заклинивания.

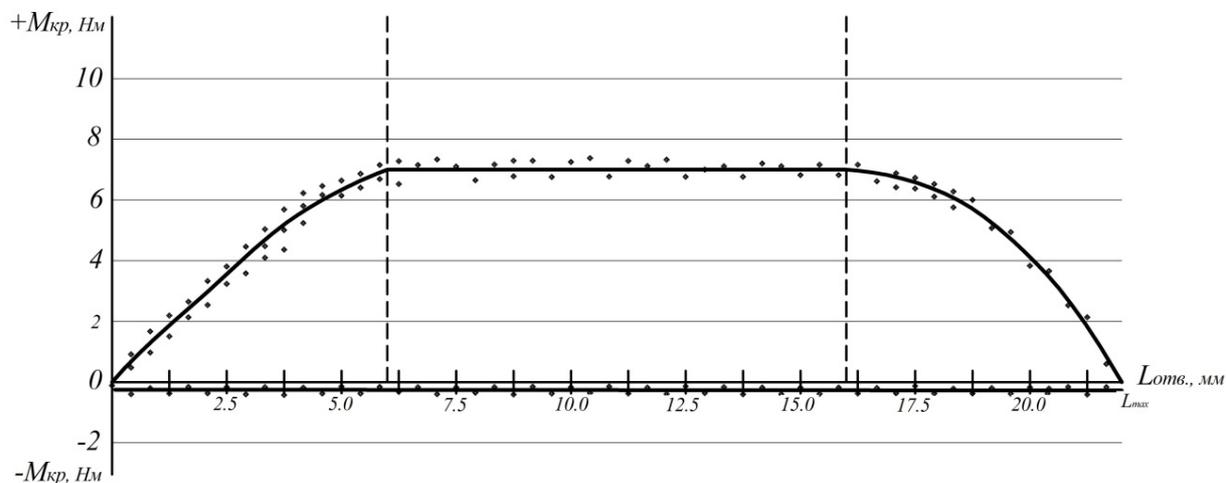


Рис. 2. - Формирование осевого момента резания при обработке отверстий М8×1,25

Не маловажным фактором, которое необходимо учитывать при обработке отверстий сверхмалых диаметров при обработке на высокопроизводительных обрабатывающих центрах это возможность точного определения длины прямого рабочего хода до формирования момента, при котором происходит заклинивание режущего инструмента.

Программирование системы ЧПУ для осуществления принудительно реверсного хода, при котором обработка будет осуществляться, с применением частых реверсов до формирования значительных величин моментов резания при прямом ходе возможна, но как было сказано ранее, величина момента на оси режущего инструмента при реверсе численно равна или выше осевого момента прямого хода, а с учётом сниженной жёсткости режущего инструмента приведёт к снижению надёжности обработки.

В работе [6] экспериментально было установлено, что введение в процесс обработки частых реверсных ходов при обработке отверстий сверхмалых диаметров не способствует увеличению надёжности механической обработки.

В работе [7] было установлено, что применение вязких СОТС при обработке резьбовых отверстий сверхмалых диаметров приводит лишь к незначительному увеличению надёжности процесса, но не решает основных проблем обработки. Так же подача СОТС под высоким давлением с обратной стороны обрабатываемого отверстия, так же не дала желаемого результата.

В работе [8] показано, что при обработке отверстий сверхмалого диаметра образуется сливная стружка, которая не скалываясь заполняет стружечную канавку непосредственно возле режущего зуба метчика, а так как объём стружечных канавок меньше чем объём сходящего металла в процессе резания происходит заклинивание инструмента в отверстии.

Для обеспечения надёжности механической обработки резьбовых отверстий сверхмалого диаметра с применением высокопроизводительных обрабатывающих центров была предложена принципиальная схема анодно-механической обработки (АМО).

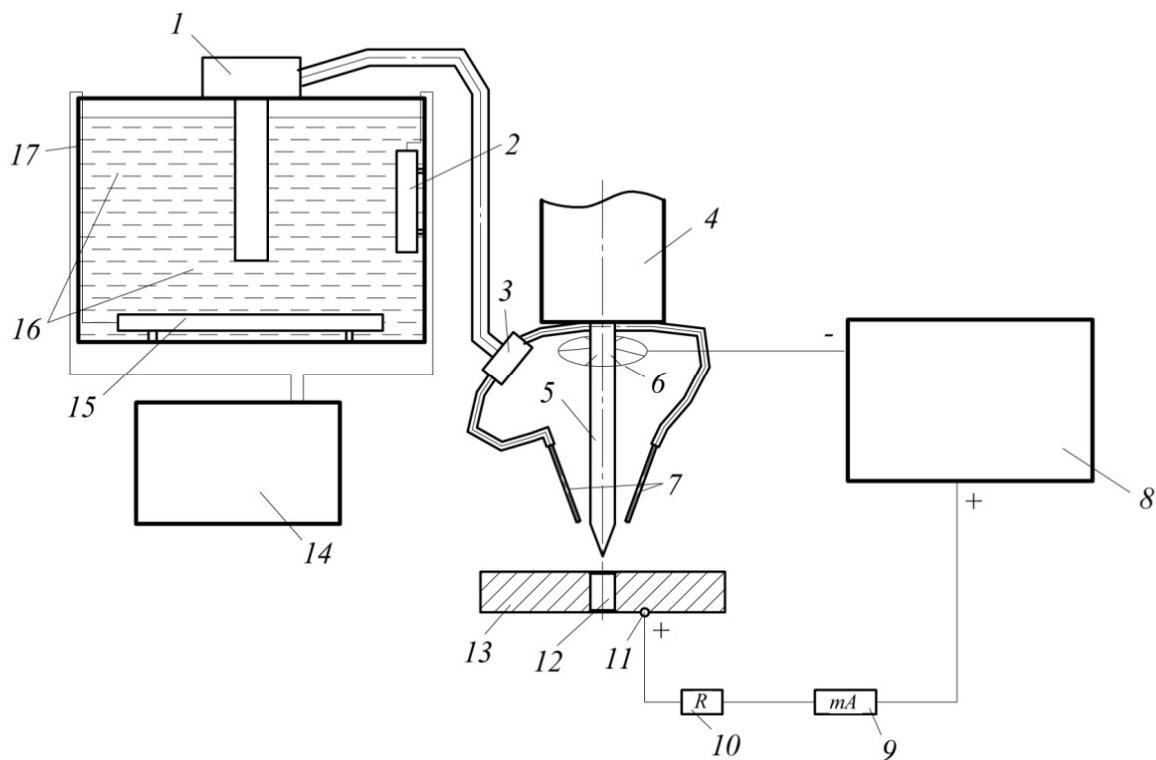


Рис. 3. - Принципиальная схема лезвийной анодно-механической обработки отверстий сверхмалых диаметров

Где: 1 – компрессор; 2 – датчик температуры; 3 – распределительный клапан; 4 – патрон; 5 – режущий инструмент; 6 – медные контакт, в виде щёток соприкасающийся с режущим инструментом; 7 – 4-ре металлические иглы; 8 – источник питания тока; 9 – микроамперметр; 10 – переменный резистор; 11 – медные контакты, соприкасающиеся с заготовкой; 12 – подготовленное отверстие; 13 – заготовка; 14 – микро контроллер; 15 – устройство подогрева электролита; 16 – электролит; 17 – ёмкость под электролит.

Схема предлагает последовательное воздействие на обрабатываемую заготовку, сначала механическое с образованием стружки, затем сразу электрохимическое, анодное растворение в среде электролита сходящей стружки непосредственно в стружечных канавках метчика. При этом не ставится задача полного растворения сошедшей стружки, а для уменьшения объёма и изменения формы для лучшего сегментирования и вывода из зоны резания под воздействием СОТС. Процесс нарезания резьбы в отверстиях сверхмалых диаметров с применением АМО разделяется на 2 части которые работают параллельно. В первой части деталь проходит механическую обработку, а потом происходит электрохимическая обработка. При этом подаваемый электролит используется в качестве СОТС при механической обработке. Перед подачей напряжения необходимо осуществить касание режущего инструмента к заходной фаски подготовленного отверстия (12). Заготовка (13) подключается к положительному полюсу источника питания тока (8). Контакты (11), соприкасающиеся с заготовкой, изготовлены из медной проволоки. Отрицательный электрод (6) выполняется в виде щёток и замыкается на хвостовике режущего инструмента (5). При обработке, в зону резания под давлением создаваемое компрессором (1) из ёмкости (17) подаётся раствор электролита (16), на распределительный клапан (3) который распределяет поток жидкости на четыре металлические иглы (7) расположены под углом 15° относительно оси режущего инструмента, сопла которых располагаются непосредственно возле обрабатываемого отверстия (12). В связи со значительным влиянием температуры на удельную электропроводность водных электролитов в принципиальной схеме присутствует микро контроллер (14) снимающий сигналы с датчика температуры (2) и посылающий команды устройству подогрева (15) довести электролит до требуемой температуры в 40°C . Таким образом, в процессе нарезания резьбы в отверстиях сверхмалых диаметров сначала происходит отделение стружки под влиянием механического воздействия, стружка пакетируется в стружечных канавках и под влиянием подаваемого электролита и электрического тока частично растворяется, изменяясь в объёме, что приводит к её сегментированию и дальнейшему удалению из зоны резания под воздействием СОТС.

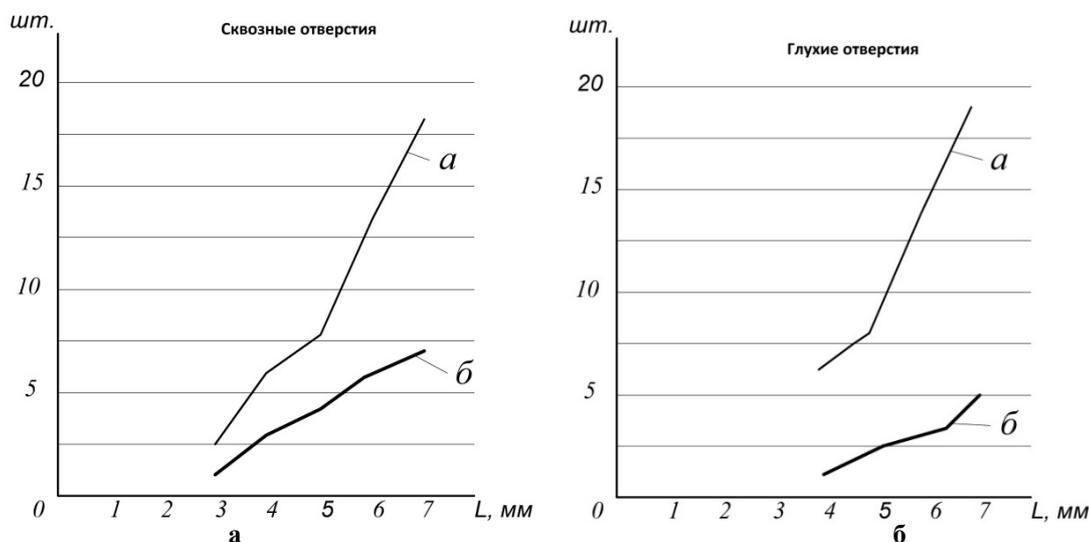


Рис. 4. - Количество отказов при нарезании резьбы в сквозных и глухих отверстиях- обработка в среде СОТС; б – обработка с АМО

В результате использования данной схемы обработки формирование момента на оси режущего инструмента стал иметь вид аналогичный, как и при обработке резьбовых отверстий крупных диаметров. Удалось в средней величине стабилизировать фактическое значение момента, что привело к значительному повышению надёжности процесса резания.

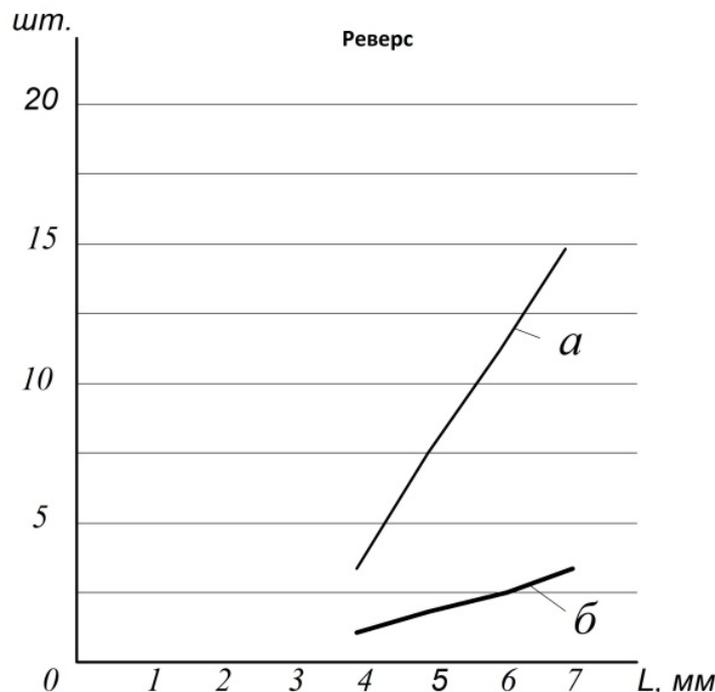


Рис.5. - Количество отказов при нарезании резьбы в момент реверса

По сравнению с традиционными методами обработки с применением СОТС, процесс резьбонарезания в отверстиях сверхмалых диаметрах с применением АМО обладает рядом преимуществ;

- Применение АМО позволяет получить больше эффекта, тем самым значительно повышается надёжность процесса обработки отверстий сверхмалых диаметров.

- Применение АМО позволяет значительно снизить величину крутящего момента на оси режущего инструмента в процессе резания, за счёт постепенного вытравливания сходящей стружки в среде электролита непосредственно в стружечных канавках.

- Применение АМО позволяет уменьшить число реверсных ходов в процессе нарезания резьбы в отверстиях сверхмалых диаметров с $6\div 7$ до 1.

- Применение АМО практически со сто процентной вероятностью исключает заклинивание режущего инструмента в момент начала реверсного хода.

- В процессе резания с применением АМО имеется возможность регулировать параметры обработки резьбовых отверстий. С помощью изменения значений выходного напряжения, а также изменения концентрации присадки в виде раствора и изменения соотношения присадки СОТС возможно оказывать влияние на скорость травления, регулировать скорость вращения режущего инструмента.

- Применение АМО позволяет автоматизировать процесс резьбонарезания в отверстиях сверхмалого диаметра и вести их на высокопроизводительных обрабатывающих центрах, избегая ручных операций.

Заключение

Таким образом, произведённые исследования позволили сделать следующие выводы:

1. Применение предложенной схемы лезвийной анодно-механической обработки позволяет повысить надёжность операции резьбонарезания в отверстиях сверхмалых диаметров по сравнению традиционной схемой обработки с применением СОТС.
2. Применение предложенной схемы лезвийной анодно-механической обработки позволяет с высокой долей вероятности исключает эффект заклинивания режущего инструмента в момент реверса.
3. Применение предложенной схемы лезвийной анодно-механической обработки позволяет автоматизировать процесс резьбонарезания в отверстиях сверхмалого диаметра и вести их на высокопроизводительных обрабатывающих центрах, избегая ручных операций.

Список литературы:

References:

1. Черкасова Н.Ю. Повышение качества обработки отверстий в алюминиевых сплавах на основе применения режущего инструмента с покрытием: дис. канд. тех. наук. М., 2010. 210 с.
2. Блинов Р.М. Разработка способов удаления стружки при соответствующем управлении её формы с целью повышения надёжности работы метчиков при нарезании резьбы в глухих отверстиях: дис. канд. тех. наук. М., 2005. 184 с.
3. Куликов М.Ю., Ягодкин М.В. Исследования надёжности процесса резьбонарезания в отверстиях сверхмалого диаметра // Кабардино-Балкария: Известия КБГУ. 2015. №5. С. 61-62.
4. Толмачев С.А. Повышение надёжности работы метчиков при нарезании резьб в глухих отверстиях стальных деталей: Дис. канд. техн. наук. М., 2001. 143с.
5. Куликов М.Ю., Ягодкин М.В. Особенности процесса резьбонарезания в отверстиях сверхмалых диаметров // Брянск: Вестник БГТУ. 2016. №3. С.153-156.
6. Евстегнеева О.Н. Повышение надёжности работы метчиков при нарезании резьб в глухих отверстиях конструктивно-технологическими методами: Дис. канд. техн. наук. М., 2003. 136с.
7. Рыкунов, А.Н. Теплофизический анализ лезвийной обработки с малыми толщинами среза // Рыбинск: Вестник ВВО АТН РФ; РГАТА. 2010. №1. С. 128-134.
8. Отверстия под нарезание метрической резьбы ГОСТ 19257-73.
9. Пробки резьбовые со вставками с полным профилем резьбы диаметром от 1 до 100 мм. Конструкция и основные размеры ГОСТ 17756-72.
1. Cherkasova N.Yu. (2010). Improving the quality of hole processing in aluminum alloys based on the use of a coated cutting tool: diss. Candidate of Engineering Sciences. Moscow. [in Russian language]
2. Blinov R.M. (2005). Development of methods for removing chips with appropriate control of its shape in order to improve the reliability of tapping operations when threading in blind holes: diss. Candidate of Engineering Sciences. Moscow. [in Russian language]
3. Kulikov M.Yu., Yagodkin M.V. (2015). Investigations of the reliability of the thread cutting process in holes of ultra-small diameter. Kabardino-Balkaria: Proceedings of Kabardino-Balkarian State University, (5), pp. 61-62. [in Russian language]
4. Tolmachev S.A. (2001). Increase of reliability of taps during threading in blind holes of steel parts: diss. Candidate of Engineering Sciences. Moscow. [in Russian language]
5. Kulikov M.Yu., Yagodkin M.V. (2016). Features of the process of thread cutting in holes of ultra-small diameters. Bryansk: Bulletin of BSTU, (3), pp. 153-156. [in Russian language]
6. Evstegneeva O.N. (2003). Increase of reliability of taps at threading in blind holes by construction and technological methods: diss. Candidate of Engineering Sciences. Moscow. [in Russian language]
7. Rykunov, A.N. (2010). Thermophysical analysis of blade processing with small shear thicknesses. Rybinsk: Vestnik VBO ATN RF; RGATA, (1), pp. 128-134. [in Russian language]
8. Holes for cutting metric threads No. GOST 19257-73. [in Russian language]
9. Corks threaded with inserts with a complete thread profile with a diameter of 1 to 100 mm. Design and main dimensions No. GOST 17756-72. [in Russian language]

Статья поступила в редколлегию 25.04.18.

*Рецензент: д.т.н., доцент Брянского государственного технического университета
Аверченков А.В.*

Статья принята к публикации 07.09.18.

Сведения об авторах:

Ягодкин Максим Викторович

Федеральное государственное бюджетное учреждение
науки Институт конструкторско-технологической
информатики Российской академии наук,
Россия, Москва, 127055, Вадковский пер., д.18 стр. 1А
Аспирант
т. 8(909) 691 09 15
E-mail: yagodkin.maksim.513@mail.ru

Information about authors:

Yagodkin Maxim Viktorovich

Federal State Budgetary Institution of Science
Institute of Design and Technology Informatics
Russian Academy of Sciences,
Russia, Moscow, 127055, Vadkovsky per., 18 struc.1A
Post-graduate student
tel.: 8 (909) 691 09 15
E-mail: yagodkin.maksim.513@mail.ru

Учредитель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования "Брянский государственный технический университет"
Адрес редакции и издателя: 241035, Брянская область, г. Брянск, бульвар 50 лет Октября, 7
ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет»
Телефон редакции журнала: (4832) 56-49-90. E-mail: aim-ru@mail.ru
Вёрстка А.А. Алисов. Корректор А.Ю. Малюкина.
Сдано в набор 04.09.2018. Выход в свет 29.11.2018.
Формат 60 × 88 1/8. Бумага офсетная. Усл. печ. л. 5,88.
Тираж 500 экз. Свободная цена.

Отпечатано в лаборатории оперативной полиграфии
Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования
"Брянский государственный технический университет"
241035, Брянская область, г. Брянск, ул. Институтская, 16

