

Учреждение образования
«Барановичский государственный университет»

Вестник БарГУ

Ежеквартальный научно-практический журнал

Издаётся с марта 2013 г.

Выпуск 7, июнь, 2019.

Серия «Технические науки»

Учредитель: учреждение образования «Барановичский государственный университет».

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор журнала Кочурко Василий Иванович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик Белорусской инженерной академии, академик Международной академии технического образования, академик Международной академии наук педагогического образования, академик Академии экономических наук Украины, Заслуженный работник образования Республики Беларусь, ректор учреждения образования «Барановичский государственный университет» (Барановичи, Республика Беларусь).

Заместитель главного редактора журнала Климук Владимир Владимирович, кандидат экономических наук, доцент, проректор по научной работе учреждения образования «Барановичский государственный университет» (Барановичи, Республика Беларусь).

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ СЕРИИ

Главный редактор серии

Алифанов Александр Викторович, лауреат Государственной премии Республики Беларусь в области науки и техники, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры оборудования и автоматизации производства учреждения образования «Барановичский государственный университет» (Барановичи, Республика Беларусь).

Ответственный секретарь серии

Горбач Юлия Евгеньевна, старший преподаватель кафедры информационных технологий и физико-математических дисциплин инженерного факультета учреждения образования «Барановичский государственный университет» (Барановичи, Республика Беларусь).

Редактор текстов на английском языке

Пинюта Ирина Вячеславовна, кандидат педагогических наук, доцент, доцент кафедры профессиональной иноязычной подготовки учреждения образования «Барановичский государственный университет» (Барановичи, Республика Беларусь).

Гавриленя Андрей Константинович (*ответственный за направление «Машиностроение и машиноведение»*), кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой технического обеспечения сельскохозяйственного производства и агрономии инженерного факультета учреждения образования «Барановичский государственный университет» (Барановичи, Республика Беларусь).

Дубень Игорь Викторович (*ответственный за направление «Процессы и машины агроинженерных систем»*), кандидат технических наук, доцент кафедры технического обеспечения сельскохозяйственного производства и агрономии инженерного факультета, декан факультета довузовской подготовки учреждения образования «Барановичский государственный университет» (Барановичи, Республика Беларусь).

Анискович Геннадий Иосифович, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технологий и организации технического сервиса учреждения образования «Белорусский государственный аграрный технический университет» (Минск, Республика Беларусь).

Белый Алексей Владимирович, член-корреспондент Национальной академии наук Беларуси, доктор технических наук, профессор, заместитель директора по научной работе Государственного научного учреждения «Физико-технический институт Национальной академии наук Беларуси» (Минск, Республика Беларусь).

Гордиенко Анатолий Илларионович, академик Национальной академии наук Беларуси, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник Государственного научного учреждения «Физико-технический институт Национальной академии наук Беларуси» (Минск, Республика Беларусь).

Девойно Олег Георгиевич, доктор технических наук, профессор, заведующий научно-исследовательской инновационной лабораторией плазменных и лазерных технологий филиала Белорусского национального технического университета «Научно-исследовательская часть» (Минск, Республика Беларусь).

Дремук Владимир Алексеевич, кандидат технических наук, доцент кафедры технического обеспечения сельскохозяйственного производства и агрономии инженерного факультета учреждения образования «Барановичский государственный университет» (Барановичи, Республика Беларусь).

Ивашко Виктор Сергеевич, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры технической эксплуатации автомобилей Белорусского национального технического университета (Минск, Республика Беларусь).

Калугин Юрий Константинович, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры машиноведения и технической эксплуатации автомобилей учреждения образования «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы» (Гродно, Республика Беларусь).

Карташевич Анатолий Николаевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой тракторов, автомобилей и машин для природообустройства учреждения образования «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия» (Горки, Республика Беларусь).

Клочков Александр Викторович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры сельскохозяйственных машин учреждения образования «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия» (Горки, Республика Беларусь).

Клубович Владимир Владимирович, доктор технических наук, академик Национальной академии наук Беларуси, профессор, главный научный сотрудник Государственного научного учреждения «Физико-технический институт Национальной академии наук Беларуси» (Минск, Республика Беларусь).

Ласковнѳ Александр Петрович, доктор технических наук, академик Национальной академии наук Беларуси, академик-секретарь отделения физико-технических наук Национальной академии наук Беларуси (Минск, Республика Беларусь).

Томило Вячеслав Анатольевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой обработки металлов давлением Белорусского национального технического университета (Минск, Республика Беларусь).

Шелег Валерий Константинович, член-корреспондент Национальной академии наук Беларуси, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии машиностроения Белорусского национального технического университета (Минск, Республика Беларусь).

Адрес редакции:

ул. Войкова, 21, 225404 г. Барановичи.

Телефон: +375 (163) 45 46 28.

E-mail: vestnik@barsu.by .

Подписные индексы: 00993 — для индивидуальных подписчиков; 009932 — для организаций.

Свидетельство о регистрации средств массовой информации № 1533 от 30.07.2012, выданное Министерством информации Республики Беларусь.

В соответствии с приказом Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь от 21 января 2015 г. № 16 научно-практический журнал «Вестник БарГУ» серия «Технические науки» включѳн в Перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований по техническим наукам

Научно-практический журнал «Вестник БарГУ» включѳн в РИНЦ (Российский индекс научного цитирования), лицензионный договор № 06-1/2016.

Издатель: учреждение образования «Барановичский государственный университет».

Выходит на русском, белорусском и английском языках.

Журнал распространяется на территории Республики Беларусь.

Заведующий редакционно-издательской группой С. А. Березнюк

Технический редактор Е. И. Березич

Компьютерная вѳрстка С. А. Березнюк

Корректор С. А. Березнюк

Подписано в печать 14.06.2019. Формат 60 × 84¹/₈. Бумага ксероксная. Печать цифровая. Гарнитура Таймс. Усл. печ. л. 12,75. Уч.-изд. л. 8,10. Тираж 75 экз. Заказ

Цена свободная.

Полиграфическое исполнение: Гродненское областное унитарное полиграфическое предприятие «Слонимская типография». Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий № 1/203 от 07.03.2014, № 2 от 25.02.2014.

Адрес: ул. Хлюпина, 16, 231800 Слоним, Гродненская обл.

© БарГУ, 2019

Установа адукацыі
«Баранавіцкі дзяржаўны ўніверсітэт»

Веснік БарДУ

Штоквартальны навукова-практычны часопіс

Выдаецца з сакавіка 2013 г.

Выпуск 7, чэрвень, 2019.

Серыя «Тэхнічныя навукі»

Заснавальнік: установа адукацыі «Баранавіцкі дзяржаўны ўніверсітэт».

РЭДАКЦЫЙНАЯ КАЛЕГІЯ

Галоўны рэдактар часопіса Качурка Васіль Іванавіч, доктар сельскагаспадарчых навук, прафесар, акадэмік Беларускай інжынернай акадэміі, акадэмік Міжнароднай акадэміі тэхнічнай адукацыі, акадэмік Міжнароднай акадэміі навук педагагічнай адукацыі, акадэмік Акадэміі эканамічных навук Украіны, Заслужаны работнік адукацыі Рэспублікі Беларусь, рэктар установы адукацыі «Баранавіцкі дзяржаўны ўніверсітэт» (Баранавічы, Рэспубліка Беларусь).

Намеснік галоўнага рэдактара часопіса Клімук Уладзімір Уладзіміравіч, кандыдат эканамічных навук, дацэнт, прарэктар па навуковай рабоце ўстановы адукацыі «Баранавіцкі дзяржаўны ўніверсітэт» (Баранавічы, Рэспубліка Беларусь).

РЭДАКЦЫЙНАЯ КАЛЕГІЯ СЕРЫІ

Галоўны рэдактар серыі

Аліфанаў Аляксандр Віктаравіч, лаўрэат Дзяржаўнай прэміі Рэспублікі Беларусь у галіне навукі і тэхнікі, доктар тэхнічных навук, прафесар, прафесар кафедры абсталявання і аўтаматызацыі вытворчасці ўстановы адукацыі «Баранавіцкі дзяржаўны ўніверсітэт» (Баранавічы, Рэспубліка Беларусь).

Адказны сакратар серыі

Горбач Юлія Яўгеньеўна, старшы выкладчык кафедры інфармацыйных тэхналогій і фізіка-матэматычных дысцыплін інжынернага факультэта ўстановы адукацыі «Баранавіцкі дзяржаўны ўніверсітэт» (Баранавічы, Рэспубліка Беларусь).

Рэдактар тэкстаў на англійскай мове

Пінюта Ірына Вячаславаўна, кандыдат педагагічных навук, дацэнт, дацэнт кафедры прафесійнай іншамоўнай падрыхтоўкі ўстановы адукацыі «Баранавіцкі дзяржаўны ўніверсітэт» (Баранавічы, Рэспубліка Беларусь).

Гаўрыленя Андрэй Канстанцінавіч (*адказны за напрамак «Машинабудаванне і машыназастава»*), кандыдат тэхнічных навук, дацэнт, загадчык кафедры тэхнічнага забеспячэння сельскагаспадарчай вытворчасці і аграноміі інжынернага факультэта ўстановы адукацыі «Баранавіцкі дзяржаўны ўніверсітэт» (Баранавічы, Рэспубліка Беларусь).

Дубень Ігар Віктаравіч (*адказны за напрамак «Працэсы і машыны аграрна-інжынерных сістэм»*), кандыдат тэхнічных навук, дацэнт кафедры тэхнічнага забеспячэння сельскагаспадарчай вытворчасці і аграноміі інжынернага факультэта, дэкан факультэта давузаўскай падрыхтоўкі ўстановы адукацыі «Баранавіцкі дзяржаўны ўніверсітэт» (Баранавічы, Рэспубліка Беларусь).

Анісковіч Генадзь Іосіфавіч, кандыдат тэхнічных навук, дацэнт, дацэнт кафедры тэхналогіі і арганізацыі тэхнічнага сервісу ўстановы адукацыі «Беларускі дзяржаўны аграрны тэхнічны ўніверсітэт» (Мінск, Рэспубліка Беларусь).

Белы Аляксей Уладзіміравіч, член-карэспандэнт Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі, доктар тэхнічных навук, прафесар, намеснік дырэктара па навуковай рабоце Дзяржаўнай навуковай установы «Фізіка-тэхнічны інстытут Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі» (Мінск, Рэспубліка Беларусь).

Гардзіенка Анатолій Іларыёнавіч, акадэмік Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі, доктар тэхнічных навук, прафесар, галоўны навуковы супрацоўнік Дзяржаўнай навуковай установы «Фізіка-тэхнічны інстытут Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі» (Мінск, Рэспубліка Беларусь).

Дзявойна Алег Георгіевіч, доктар тэхнічных навук, прафесар, загадчык Навукова-даследчай інавацыйнай лабараторыі плазменных і лазерных тэхналогій філіяла Беларускага нацыянальнага тэхнічнага ўніверсітэта «Навукова-даследчая частка» (Мінск, Рэспубліка Беларусь).

Драмук Уладзімір Аляксеевіч, кандыдат тэхнічных навук, дацэнт, дацэнт кафедры тэхнічнага забеспячэння сельскагаспадарчай вытворчасці і аграноміі ўстановы адукацыі «Баранавіцкі дзяржаўны ўніверсітэт» (Баранавічы, Рэспубліка Беларусь).

Івашка Віктар Сяргеевіч, доктар тэхнічных навук, прафесар, прафесар кафедры тэхнічнай эксплуатацыі аўтамабіляў Беларускага нацыянальнага тэхнічнага ўніверсітэта (Мінск, Рэспубліка Беларусь).

Калугін Юрый Канстанцінавіч, кандыдат тэхнічных навук, дацэнт, дацэнт кафедры машыназнаўства і тэхнічнай эксплуатацыі аўтамабіляў установы адукацыі «Гродзенскі дзяржаўны ўніверсітэт імя Янкі Купалы» (Гродна, Рэспубліка Беларусь).

Карташэвіч Анатолій Мікалаевіч, доктар тэхнічных навук, прафесар, загадчык кафедры трактараў, аўтамабіляў і машын для прыродаўладкавання ўстановы адукацыі «Беларуская дзяржаўная ордэнаў Кастрычніцкай Рэвалюцыі і Працоўнага Чырвонага Сцяга сельскагаспадарчая акадэмія» (Горкі, Рэспубліка Беларусь).

Клачкоў Аляксандр Віктаравіч, доктар тэхнічных навук, прафесар, прафесар кафедры сельскагаспадарчых машын установы адукацыі «Беларуская дзяржаўная ордэнаў Кастрычніцкай Рэвалюцыі і Працоўнага Чырвонага Сцяга сельскагаспадарчая акадэмія» (Горкі, Рэспубліка Беларусь).

Клубовіч Уладзімір Уладзіміравіч, доктар тэхнічных навук, прафесар, акадэмік Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі, загадчык лабараторыі пластычнасці Беларускага нацыянальнага тэхнічнага ўніверсітэта (Мінск, Рэспубліка Беларусь).

Ласкаўнёў Аляксандр Пятровіч, доктар тэхнічных навук, акадэмік Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі, акадэмік-сакратар аддзялення фізіка-тэхнічных навук Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі (Мінск, Рэспубліка Беларусь).

Таміла Вячаслаў Анатолевіч, доктар тэхнічных навук, дацэнт, дырэктар Дзяржаўнай навуковай установы «Фізіка-тэхнічны інстытут Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі» (Мінск, Рэспубліка Беларусь).

Шэлег Валерый Канстанцінавіч, член-карэспандэнт Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі, доктар тэхнічных навук, прафесар, загадчык кафедры тэхналогіі машынабудавання Беларускага нацыянальнага тэхнічнага ўніверсітэта (Мінск, Рэспубліка Беларусь).

Адрас рэдакцыі:

вул. Войкава, 21, 225404 г. Баранавічы.

Тэлефон: +375 (163) 45 46 28.

E-mail: vestnik@barsu.by.

Папісныя індэксы: 00993 — для індывідуальных падпісчыкаў; 009932 — для арганізацый.

Пасведчанне аб рэгістрацыі сродкаў масавай інфармацыі № 1533 ад 30.07.2012, выдадзенае Міністэрствам інфармацыі Рэспублікі Беларусь.

У адпаведнасці з загадам Вышэйшай атэстацыйнай камісіі Рэспублікі Беларусь ад 21 студзеня 2015 г. № 16 навукова-практычны часопіс «Веснік БарДУ» серыя «Тэхнічныя навукі» ўключаны ў Пералік навуковых выданняў Рэспублікі Беларусь для апублікавання вынікаў дысертацыйных даследаванняў па тэхнічных навук (машынабудаванне і машыназнаўства; працэсы і машыны аграінжынерных сістэм).

Навукова-практычны часопіс «Веснік БарДУ» ўключаны ў РІНЦ (Расійскі індэкс навуковага цытавання), ліцэнзійны дагавор № 06-01/2016.

Выдавец: установа адукацыі «Баранавіцкі дзяржаўны ўніверсітэт».

Выходзіць на рускай, беларускай і англійскай мовах.

Часопіс распаўсюджваецца на тэрыторыі Рэспублікі Беларусь.

Загадчык рэдакцыйна-выдавецкай групы С. А. Беразнюк

Тэхнічны рэдактар А. І. Бярэзіч

Камп'ютарная вёрстка С. А. Беразнюк

Карэктар С. А. Беразнюк

Падпісана да друку 14.06.2019. Фармат 60 × 84 1/8. Папера ксераксная. Друк лічбавы. Гарнітура Таймс. Ум. друк. арк. 12,75. Ул.-выд. арк. 8,10. Тыраж 75 экз. Заказ

Кошт свабодны.

Паліграфічнае выкананне: Гродзенскае абласное ўнітарнае паліграфічнае прадпрыемства «Слоніўская тыпаграфія». Пасведчанне аб дзяржаўнай рэгістрацыі выдаўца, вытворцы, распаўсюджвальніка друкаваных выданняў № 1/203 ад 07.03.2014, № 2 ад 25.02.2014.

Адрас: вул. Хлюпіна, 16, 231800 Слонім, Гродзенская вобл.

© БарДУ, 2019

Educational institution
“Baranovichi State University”

BarSU Herald

A quarterly scientific and practical journal

Published since March 2013.

Volume 7, June, 2019.

Engineering Series

Promoter: educational institution “Baranovichi State University”.

EDITORIAL BOARD

Editor-in-Chief Vasilii Ivanovich Kochurko, Doctor of Agriculture, Professor, Member of the Belarusian Academy of Engineering, Member of the International Academy of Technical Education, Member of the International Academy of Pedagogical Education, Member of the Academy of Economic Sciences of Ukraine, Distinguished educator of the Republic of Belarus, Rector of the educational institution “Baranovichi State University” (Baranovichi, the Republic of Belarus).

Deputy Editor-in-Chief Vladimir Vladimirovich Klimuk, Ph. D. in Economic Sciences, Associate Professor, Vice-Rector for research of the educational institution “Baranovichi State University” (Baranovichi, the Republic of Belarus).

EDITORIAL BOARD OF THE SERIES

Editor of the issue

Aleksandr V. Alifanov, State-Prize Winner of the Republic of Belarus in Science and Technology, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Equipment and Manufacturing Automation Chair of Engineering Department, Baranovichi State University (Baranovichi, the Republic of Belarus).

Executive secretary of the issue

Juliya E. Gorbach, Senior lecturer of the Information Technology and Physical and Mathematical Disciplines Chair of Engineering Department, Baranovichi State University (Baranovichi, the Republic of Belarus).

English Text Editor

Iryna V. Piniuta, Ph. D. in Education, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Professional Foreign Language Training of Baranovichi State University (Baranovichi, the Republic of Belarus).

Andrei K. Gavrilena (*in charge of the heading “Machine Building and Engineering Science”*), Ph. D. in Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Technical Support of Agricultural Production and Agronomy Chair of Engineering Department, Baranovichi State University (Baranovichi, the Republic of Belarus).

Igor V. Duben (*in charge of the heading “Processes and Machines of Agro-engineering Systems”*), Ph. D. in Technical Sciences, Associate Professor of the Technical Support of Agricultural Production and Agronomy Chair, Dean of the Pre-University Training Department, Baranovichi State University (Baranovichi, the Republic of Belarus).

Gennady I. Aniskovich, Ph. D. in Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Belarusian State Agrarian Technical University (Minsk, the Republic of Belarus).

Alexey V. Bely, A. M. of the National Academy of Sciences, Doctor of Technical Sciences, Professor, Deputy Director for Scientific Work of the State Scientific Institution “The Physical-Technical Institute of the National Academy of Sciences of Belarus” (Minsk, the Republic of Belarus).

Anatoly I. Gordienko, Academician of the National Academy of Sciences of Belarus, Doctor of Technical Sciences, Professor, Chief Researcher of the State Research Institution “The Physical-Technical Institute of the National Academy of Sciences of Belarus” (Minsk, the Republic of Belarus).

Oleg G. Devoino, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Research Laboratory of Innovative Plasma and Laser Technology of the Belarusian National Technical University branch “Research Section” (Minsk, the Republic of Belarus).

Vladimir A. Dremuk, Ph. D. in Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Technical Support of Agricultural Production and Agronomy Chair of Engineering Department, Baranovichi State University (Baranovichi, the Republic of Belarus).

Viktor S. Ivashko, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Automobile Technical Maintenance Chair of the Belarusian National Technical University (Minsk, the Republic of Belarus).

Yury K. Kalugin, Ph. D. in Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Engineering Science and Automobile Technical Maintenance Chair of “Yanka Kupala State University of Grodno”(Grodno, the Republic of Belarus).

Anatoly N. Kartashevich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Tractors, Cars and Machines for Environmental Engineering Chair of the Belarusian State of the Orders of the October Revolution and the Order of the Labour Red Banner Agricultural Academy (Gorki, the Republic of Belarus).

Alexandr V. Klochkov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor Agricultural Machinery Chair of the Belarusian State of the Orders of the October Revolution and the Order of the Labour Red Banner Agricultural Academy (Gorki, the Republic of Belarus).

Vladimir V. Klubovich, Doctor of Technical Sciences, Academician of the National Academy of Sciences of Belarus, Professor, Chief Researcher of the State Research Institution “The Physical-Technical Institute of the National Academy of Sciences of Belarus” (Minsk, the Republic of Belarus).

Alexandr P. Laskovnyov, Doctor of Technical Sciences, Academician of the National Academy of Sciences of Belarus, Academician-secretary of the Physics and Technical Sciences Department of the National Academy of Sciences of Belarus (Minsk, the Republic of Belarus).

Vyacheslav A. Tomilo, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Metal Pressure Treatment of the Belarusian National Technical University (Minsk, the Republic of Belarus).

Valery K. Sheleh, A. M. of the National Academy of Sciences of Belarus, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Mechanical Engineering Chair of the Belarusian National Technical University (Minsk, the Republic of Belarus).

Editorial address:

21 Voykova Str., 225404 Baranovichi. Phone: +375 163 45 46 28.

E-mail: vestnik@barsu.by.

Subscription indices: 00993 — for individual subscribers; 009932 — for companies.

The certificate of the registration of mass media № 1533 of 30.07.2012 issued by the Ministry of Information of Belarus.

In accordance with the order of the board of the Higher Attestation Commission of the Republic of Belarus on January 21, 2015 № 16 the scientific and practical journal “Bulletin of BarSU” the series “Engineering” was included on the list of the scientific publications of the Republic of Belarus for publishing the results of dissertation research in engineering sciences (mechanical engineering and machines, processes and machines of agroengineering systems).

Scientific and practical journal Vestnik BarSU is included into RSCI (Russian Science Citation Index), license agreement № 06-01/2016.

Published: educational institution “Baranovichi State University”.

Issued in Russian, Belarusian and English.

The journal is distributed on the territory of the Republic of Belarus.

Managing editor S. A. Bereznyuk
Technical editor E. I. Berezich
Desktop Publishing S. A. Bereznyuk
Proofreader S. A. Bereznyuk

Signed print 14.06.2019. Format 60 x 84 ¹/₈. Paper xerox. Digital printing. Headset Times. Conv. pr. s. l. 12.75. Acc.-pub. s. l. 8.10. Circulation of 75 copies. Order

Free price.

Printing performance: Grodno Regional Printing Unitary Enterprise “Slonim printing establishment”. The state registration certificate of the publisher, manufacturer and publications distributor № 1/203 of 07.03.2014, № 2 of 25.02.2014.

Address: 16 Hlyupin St., 231800 Slonim, Grodno region.

© BarSU, 2019

СОДЕРЖАНИЕ

МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

Акулович Л. М., Сергеев Л. Е., Сенчуров Е. В., Дубновицкий С. К. Магнитно-абразивная обработка маховичков водопроводных вентиляй	10
Алехнович В. Н., Алифанов А. В., Милюкова А. М., Толкачева О. А. Разработка наплавочного плазмотрона, работающего на постоянно-импульсном напряжении	19
Алехнович В. Н., Алифанов А. В., Милюкова А. М., Толкачева О. А. Разработка порошкового питателя, позволяющего осуществлять работу наплавочного плазмотрона в постоянно-импульсном режиме	24
Алифанов А. В., Богданович И. А., Русан С. И., Цуран В. В. Обоснование разработки усовершенствованного высокоточного, высокопроизводительного метода заточки режущего лезвия геликоидальных рубильных ножей	29
Голубев В. С., Вегера И. И., Чернашеюс О., Чаевский В. В. Лазерная обработка материалов с изменением химического состава поверхностного слоя	34
Горчанин А. И., Милюкова А. М., Лях А. А. Повышение эффективности упрочняющей магнитно-импульсной обработки ножей со сложным профилем лезвия	43
Жигалов А. Н. Математическая модель и методика параметрической оптимизации износа и ресурсной стойкости режущего твердосплавного инструмента, упрочненного аэродинамическим звуковым методом	49
Кулешов А. К., Углов В. В., Русальский Д. П. Формирование износостойких слоистых покрытий из карбидов молибдена, вольфрама и кобальта на твердосплавном инструменте	64
Малеронок В. В., Алифанов А. В., Богданович И. А. Метод исследования упрочненного слоя металлических образцов с использованием токов высокой частоты	70
Михайлов М. И., Мельников В. В. Повышение работоспособности вытяжных конусов стана тонкого волочения	76

ПРОЦЕССЫ И МАШИНЫ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ

Клочков А. В., Шкуратов С. С. Скорость падения зерен в восходящем воздушном потоке	83
Михайлов К. М., Михайлов М. И. Моделирование напряженно-деформированного состояния опоры измельчающего барабана кормоуборочного комбайна	90
Пивоварчик А. А., Гавриленя А. К., Сергей А. И. Исследование кинематической вязкости полусинтетических моторных масел, используемых в дизельных двигателях механических транспортных средств	96

ЗМЕСТ

МАШЫНАБУДАВАННЕ І МАШЫНАЗНАЎСТВА

Акуловіч Л. М., Сяргееў Л. Я., Сенчуроў Я. В., Дубнавіцкі С. К. Магнітна-абразіўная апрацоўка махавічкоў водаправодных вентыляў	10
Аляхновіч В. М., Аліфанаў А. В., Мілюкова Г. М., Талкачова В. А. Распрацоўка наплавачнага плазматрона, які працуе на пастаянна-імпульсным напружанні	19
Аляхновіч В. М., Аліфанаў А. В., Мілюкова Г. М., Талкачова В. А. Распрацоўка парашковага сілкавальніка, які дазваляе ажыццяўляць работу наплавачнага плазматрона ў пастаянна-імпульсным рэжыме	24
Аліфанаў А. В., Багдановіч І. А., Русан С. І., Цуран У. У. Абаснаванне распрацоўкі ўдасканаленага высокадакладнага, высокапрадукцыйнага метада заточвання рэжучага ляза гелікаідальных рубільных нажоў	29
Голубеў В. С., Вегера І. І., Чарнашэюс А., Чаеўскі В. В. Лазерная апрацоўка матэрыялаў са змяненнем хімічнага складу паверхневага слою	34
Гарчанін А. І., Мілюкова Г. М., Лях А. А. Павышэнне эфектыўнасці ўмацавальнай магнітна-імпульснай апрацоўкі нажоў са складаным профілем ляза	43
Жыгалаў А. М. Матэматычная мадэль і метадыка параметрычнай аптымізацы зношвання і рэсурснай стойкасці рэжучага цвёрдасплаўнага інструмента, умацаванага аэрадынамічным гукавым метадам	49
Куляшоў А. К., Углоў У. В., Русальскі Д. П. Фарміраванне зносаўстойлівых слаістых пакрыццяў з карбідаў малібдэна, вольфрама і кобальта на цвёрдасплаўным інструменце	64
Маляронак У. У., Аліфанаў А. В., Багдановіч І. А. Метад даследавання ўмацаванага пласта металічных узораў з выкарыстаннем токаў высокай частаты	70
Міхайлаў М. І., Мельнікаў У. В. Павышэнне працаздольнасці выцяжных конусаў стана тонкага валачэння	76

ПРАЦЭСЫ І МАШЫНЫ АГРАНЖЫНЕРНЫХ СІСТЭМ

Клачкоў А. В., Шкуратаў С. С. Хуткасць падзення зярнят ва ўзыходзячым паветраным патоку	83
Міхайлаў К. М., Міхайлаў М. І. Мадэляванне напружана-дэфармаванага стану апоры здрабняльнага барабана кормаўборачнага камбайна	90
Піваварчык А. А., Гаўрыленя А. К., Сяргей А. І. Даследаванне кінематычнай вязкасці паўсінтэтычных маторных масел, якія выкарыстоўваюцца ў дызельных рухавіках механічных транспартных сродкаў	96

CONTENTS

MACHINE BUILDING AND ENGINEERING SCIENCE

Akulovich L. M., Sergeev L. E., Senchurov E. V., Dubnovitskiy S. K. Magneto-abrasive machining of flywheels of the water supply valves	10
Alehnovich V. N., Alifanov A. V., Miliukova A. M., Tolkachova O. A. Development of the supply plasmatron working on constant-pulse voltage	19
Alehnovich V. N., Alifanov A. V., Miliukova A. M., Tolkachova O. A. Development of powder feeder, allowing the operation of the surface plasmotron in constant-pulse mode	24
Alifanov A. V., Bogdanovich I. A., Rusan S. I., Tsuran V. V. Justification of the development of an improved high-precision, high-performance method of cutting blade of helicoidal cutting blades	29
Golubev V. S., Vegera I. I., Chernasheyus O., Chaevsky V. V. Laser treatment of materials with change of chemical composition of the surface layer	34
Harchanin A. I., Miliukova A. M., Lyah A. A. Improving the efficiency of the hardening magnetic-pulse processing of blades with a complex blade profile	43
Jigalov A. N. Mathematical model and method of parametric optimization of run-out and resource durability of cutting hardware tool hardened by aerodynamic sound method	49
Kuleshov A. K., Uglov V. V., Rusalsky D. P. Formation of wear resistant layered coatings of molybdenum carbides, tungsten and cobalt on a hard alloy tool	64
Maleronok V. V., Alifanov A. V., Bogdanovich I. A. Research method of the metal samples strengthened layer using high-frequency currents	70
Mikhailov M. I., Melnikov V. V. Improvement of the efficiency of exhaust cones of a fine-drawing mill	76

PROCESSES AND MACHINES OF AGROENGINEERING SYSTEMS

Klochkov A. V., Shkuratov S. S. Speed of grain fall in a rising air flow	83
Mikhailov K. M., Mikhailov M. I. Modeling of the tense-deformed state of the support of the chopping drum of forage harvester	90
Pivovarchyk A. A., Haurylenia A. K., Sergey A. I. Study of kinematic viscosity of semisynthetic motor oils, used in diesel engines of mechanical vehicles	96

МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ
MACHINE BUILDING AND ENGINEERING SCIENCE

УДК 621.923

Л. М. Акулович, д.т.н., профессор; Л. Е. Сергеев, к.т.н., доцент; Е. В. Сенчуров; С. К. Дубновицкий
Учреждение образования «Белорусский аграрный технический университет», Министерство сельского хозяйства
и продовольствия Республики Беларусь, пр-т Независимости, 99, 220023 Минск, Республика Беларусь,
+375 (29) 619 05 04, leo-akulovich@yandex.ru

**МАГНИТНО-АБРАЗИВНАЯ ОБРАБОТКА
МАХОВИЧКОВ ВОДОПРОВОДНЫХ ВЕНТИЛЕЙ**

В статье представлены результаты экспериментальных исследований параметров качества поверхностей маховичков водопроводных вентилей из стали 20X13 после магнитно-абразивной обработки. Предложена схема магнитно-абразивной обработки маховичков. Проанализировано распределение ферроабразивного порошка в рабочей зоне в процессе обработки. Определены зависимости шероховатости поверхности и производительности магнитно-абразивной обработки маховичков от технологических режимов.

Ключевые слова: магнитно-абразивная обработка; ферроабразивный порошок; качество поверхности; маховичок.

Рис. 5. Табл. 3. Библиогр.: 10 назв.

L. M. Akulovich, L. E. Sergeev, E. V. Senchurov, S. K. Dubnovitskiy
Belarusian State Agrarian Technical University, Ministry of Agriculture and Food of the Republic of Belarus,
99 Nezavisimosti Av., 220023 Minsk, Belarus, +375 (29) 619 05 04, leo-akulovich@yandex.ru

**MAGNETO-ABRASIVE MACHINING OF FLYWHEELS
OF THE WATER SUPPLY VALVES**

In the article, the results of experimental research of the parameters of quality of surfaces of flywheels of the water supply valves from steel X20Cr13 after magnetically-abrasive machining are presented. The chart of magneto-abrasive machining of flywheels has been offered. The distribution of ferro-abrasive powder in the working zone in the process of machining has been analysed. The dependences of surface roughness and productivity of magneto-abrasive machining of flywheels on technological modes have been determined.

Key words: magneto-abrasive machining; ferro-abrasive powder; surface quality; flywheel.

Fig. 5. Table 3. Ref.: 10 titles.

Введение. Конкурентоспособность выпускаемой продукции не может быть достигнута без создания и внедрения новых видов обработки сложнопроводных поверхностей деталей, способных обеспечивать высокую производительность и качество обработки. В сантехническом оборудовании используются модели кранов типа одноручковых (рычаг) и двухвентильных (маховички) [1]. Последние варианты отличаются надежностью, долговечностью, низкой стоимостью, удобством захвата и вращения и имеют ряд конструктивных вариантов: крест, квадро, трио, эрика и т. д., среди которых вид квадро характеризуется наиболее лаконичным дизайном и простотой в использовании [2]. Маховички водопроводных вентилей сантехнической арматуры часто имеют особо сложные профили поверхностей. Материалами для маховичков служат бронза, латунь, нержавеющая сталь, золото, серебро, керамика, стекло, пластмасса и дорогие сорта древесины повышенной твердости [2]. Исключая элитный характер сантехнической арматуры, широкое применение на средних и крупных промышленных

предприятиях согласно СНИП 2.04.01-85 получили маховички, изготовленные из нержавеющей стали и пластмассы, поскольку латунь и бронза обладают высокой стоимостью, керамика и стекло — повышенной хрупкостью. Пластмассовые маховички имеют низкую, в сравнении со стальными, стойкость, подвержены воздействию климатических факторов, требуют обязательно плавного перекрытия потока воды из одного положения в другое и склонны к интенсивному образованию известкового налёта на поверхности, что ухудшает их внешний вид.

Основная часть. Согласно [3] параметр шероховатости видимых поверхностей маховичков без покрытия должен составлять $Ra < 2,5$ мкм, что не обеспечивается горячей объемной штамповкой и последующей токарной обработкой, и требует использования финишной обработки. Применение покрытий на основе никелирования повышает стоимость маховичков и отличается отслаиванием покрытий от основы из-за низкого показателя адгезии, а также динамических, химических и температурных колебаний. Традиционно полирование маховичков по причине сложного профиля деталей производится по технологиям в среде свободного абразива, к которым относятся виброабразивная обработка и доводка. Однако при виброабразивной обработке наблюдается неравномерный съём металла с различных участков поверхностей деталей. Плохо обрабатываются труднодоступные участки — канавки, углубления, внутренние поверхности деталей. Для получения шероховатости, соответствующей $Ra = 0,16...0,32$ мкм, необходима длительная обработка в несколько переходов со сменой наполнителя и составов смазочно-охлаждающей технологической среды (СОТС), что существенно увеличивает трудоемкость финишной операции. Высокий уровень шума, сопровождающий работу виброустановок, ухудшает условия труда рабочих [4]. Процесс доводки является трудоемким, малопродуктивным, содержит, как правило, большой объем ручного труда, требует частой правки притиров для восстановления их исходной формы [5]. Использование электрохимической обработки характеризуется необходимостью получения предварительного высокого параметра шероховатости на уровне 9...11 классов и экологически вредным производством [6].

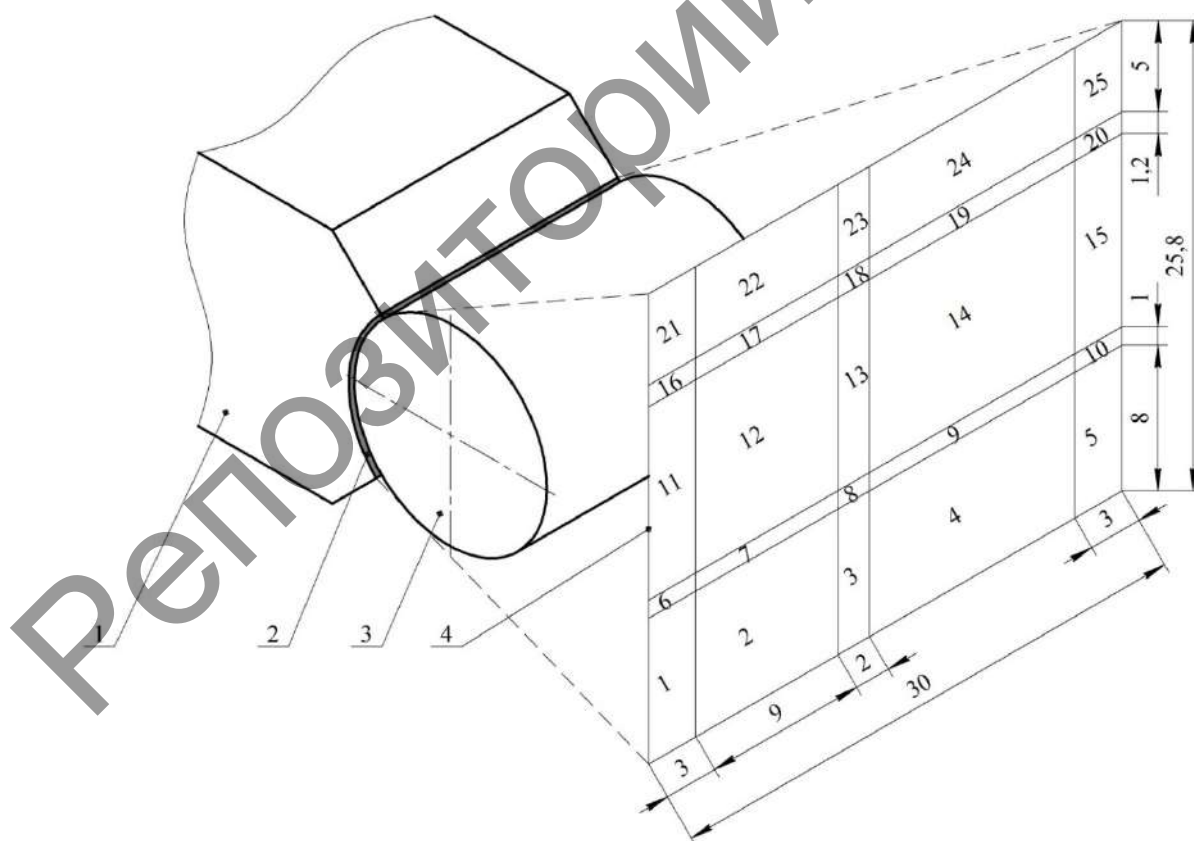
Одним из перспективных методов финишной обработки является магнитно-абразивная обработка (МАО) [7; 8]. При обработке в магнитном поле переориентация абразивных частиц порошка наиболее острой кромкой к обрабатываемой поверхности осуществляется с помощью энергии магнитного поля. Особенностью способа является ориентированное абразивное резание. В результате явления самоорганизации частицы незакрепленного абразива под действием магнитного поля устанавливаются перпендикулярно обрабатываемой поверхности и, уплотняясь, образуют ферроабразивную «щетку». Процесс микрорезания производится постоянно обновляющимися острыми кромками, т. е. на протяжении всего цикла обработки имеет место процесс организованного абразивного резания. Для реализации МАО не требуется изготавливать профилирующий абразивный инструмент, а также периодически его править, что в 2...3 раза снижает затраты на инструмент.

Узким местом финишной обработки, в том числе и МАО, таких деталей и придание им требуемого товарного вида является топологически сложно развитая поверхность предлагаемых к обработке маховичков. Среди факторов, которые следует особо учитывать при обработке, находятся конусообразность профиля и форма сечения в горизонтальной плоскости, сходная с алгебраической кривой 2-го порядка типа астроиды. По данной причине технической проблемой является необходимость образования требуемой степени конформности поверхностей обрабатываемой детали и полюсных наконечников. Наличие полноты прилегания этих поверхностей обеспечивает требуемые показатели качества и производительности процесса МАО, при этом важную роль играет фактор магнитного поля. Направление движения магнитного потока и занимаемое в связи с этим его положение в зоне обработки зависят от стремления данного потока определить свое энергетически выгодное состояние, которое не всегда адекватно условиям эффективного протекания процесса МАО.

Установлено, что конструктивные элементы рабочих зазоров электромагнитной системы (ЭМС) магнитно-абразивного оборудования и условия формирования ферроабразивной «щётки» позволяют повысить производительность и качество обработанных поверхностей деталей машины [7]. В работе [9] выявлено изменение степени относительного уплотнения ферроабразивной «щётки» на различных локальных участках рабочей зоны. Установлено, что ферроабразивный порошок (ФАП) осуществляет образование уплотнительных областей не только в непосредственной близости от детали, но и на определённом от нее расстоянии [7]. В статичном положении ферроабразивной «щётки» коэффициент уплотнения имеет максимальные значения рядом с поверхностью полюсных наконечников, присутствует неравномерность распределения зёрен ФАП по объему рабочей зоны (рисунок 1 и таблица 1) [9].

Анализ полученных данных (рисунок 1 и таблица 1) показывает, что наименьшая пористость и, соответственно, наибольшая относительная плотность ФАП наблюдается по границам рабочего зазора, достигая максимальных значений на выходе из зазора и по его углам.

В связи с вышеизложенным одним из вариантов решения проблемы достижения требуемой степени конформности поверхностей обрабатываемых маховичков водопроводных вентилях и полюсных наконечников является увеличение рабочих зазоров при росте магнитной индукции в целях обеспечения необходимого давления ферроабразивной «щётки» на деталь, а также использование полюсных наконечников прямоугольного сечения и рабочей поверхностью в виде плоскости.



1 — полюсный наконечник; 2 — ФАП в рабочем зазоре, фиксированный жидкой самоотвердеющей пластмассой (образец); 3 — обрабатываемая деталь; 4 — схема нарезки развертки образца на элементы

Рисунок 1. — Схема распределения ФАП в пространстве обработки [8]

Т а б л и ц а 1. — Концентрация ФАП в областях рабочего зазора [9]

Номер элемента образца	Относительное количество порошка	Пористость ферроабразивной «щетки»	Коэффициент уплотнения ФАП
1	0,6343	40,3038	1,7188
2	0,5294	58,1767	1,2048
3	0,5144	60,4618	1,1391
4	0,5294	58,1767	1,2048
5	0,6343	40,3038	1,7168
6	0,5233	59,0128	1,1807
7	0,5152	60,1375	1,1484
8	0,4765	65,1616	1,0037
9	0,5152	60,1375	1,1484
10	0,5233	59,0128	1,1807
11	0,5886	52,1990	1,3771
12	0,5131	60,4670	1,1390
13	0,4752	65,5187	0,9934
14	0,5131	60,4670	1,1390
15	0,5686	52,1990	1,3771
16	0,5323	56,8040	1,2157
17	0,5278	58,3835	1,1990
18	0,4630	67,0040	0,9506
19	0,5278	58,3835	1,1990
20	0,5323	56,8040	1,2157
21	0,6369	39,7451	1,7360
22	0,6355	10,0143	1,7262
23	0,6690	48,7831	1,4756
24	0,6355	40,0143	1,7282
25	0,6369	39,7451	1,7360

Главная задача при МАО маховичков водопроводных вентилях заключается в установлении характера, расположении и распространении зоны уплотнения с целью ее контроля и эффективного использования для обеспечения требуемого качества поверхности деталей. Предложено регулировать степень уплотнения такими технологическими факторами процесса МАО, как скорость резания, градиент и магнитная индукция в рабочем зазоре ЭМС. Проведенные исследования показали, что формирование ферроабразивной «щётки» при наличии детали и реализации кинематического и динамического режимов обеспечивает получение других значений коэффициента уплотнения на аналогичных, как при статичном режиме, локальных участках рабочей зоны. Контроль распространения уплотнённого фронта ферроабразивной «щётки» первоначально производился на минимальной скорости резания с его последующей остановкой на различных участках рабочей зоны и визуальным наблюдением за характером изменения расположения зёрен ФАП.

Для реализации процесса МАО маховичков водопроводных вентилях, выполненных согласно ГОСТ 19681-83, из нержавеющей стали 20Х13 используется построение модели ферроабразивной «щетки». Первичной информацией для построения физической модели ферроабразивной «щетки» является то, что строение пористых материалов имеет сложную структуру, так как имеется совокупность частиц и пор различной формы и размера, которые расположены относительно друг друга либо беспорядочно, либо с малой степенью упорядоченности. Однако при наложении электромагнитного поля (ЭМП) на зону обработки

методом МАО происходит образование цепочек ферроабразивных частиц в соответствии с расположением силовых линий. Также ввиду использования технологии разлома спека при изготовлении ФАП осуществляется получение осколочной вытянутой формы частиц (рисунок 2), распределение которых в рабочей зоне характеризуется их ориентацией наибольшей осью вдоль магнитных силовых линий.

Выявлено, что обработка в рабочей зоне одной детали с ее аксиальным расположением не позволяет добиться требуемого построения первоначального состояния ферроабразивной «щётки» и не обеспечивает необходимого качества поверхности маховичка. Требуемое уплотнение порошка достигалось позиционированием трёх маховичков с планетарной схемой закрепления в шпинделе для сектора, имеющего угол 120° (рисунок 3). Анализ показывает, что такое неравномерное распределение маховичков по периферии рабочей зоны приводит к созданию отдельных квазистабильных веерообразных полуцилиндров, определяемых фронтовым возмущением. Вытеснение определенной доли ФАП за пределы рабочего зазора характеризуется формированием флокулярной системы на торцовых поверхностях полюсных наконечников. Наличие флокул указывает на переход от упаковки зёрен порошка в виде цепочек к более плотной и объёмной. Увеличение коэффициента уплотнения от $K_y = 1$ до значения 1,7 позволяет стабилизировать текстуру ферроабразивной «щётки», отсутствует эффект разрушения полуцилиндров при увеличении скорости резания от 1 м/с до 1,5...2 м/с. Расположение маховичков участками с большим радиусом кривизны для рассечения массива ферроабразивной «щётки» обеспечивает вытеснение зёрен ФАП на боковые участки с меньшим радиусом кривизны. Отрицательный характер кривизны боковых участков по отношению к носовому способствует интенсивности обработки, однако за кормовым участком маховичков возникает зона разрежения полуцилиндров уплотнения, что приводит к неравномерности шероховатости поверхности. Решение заключается в повороте каждого маховичка на 180° через 60 с обработки и использовании кормового участка детали в качестве носового. Для повышения интенсивности обработки используется ФАП различной грануляции (100 мкм и 250 мкм), поскольку порошки меньшей размерности обладают большей подвижностью и их наличие способствует более быстрому восстановлению полуцилиндров и, соответственно, росту коэффициента уплотнения.

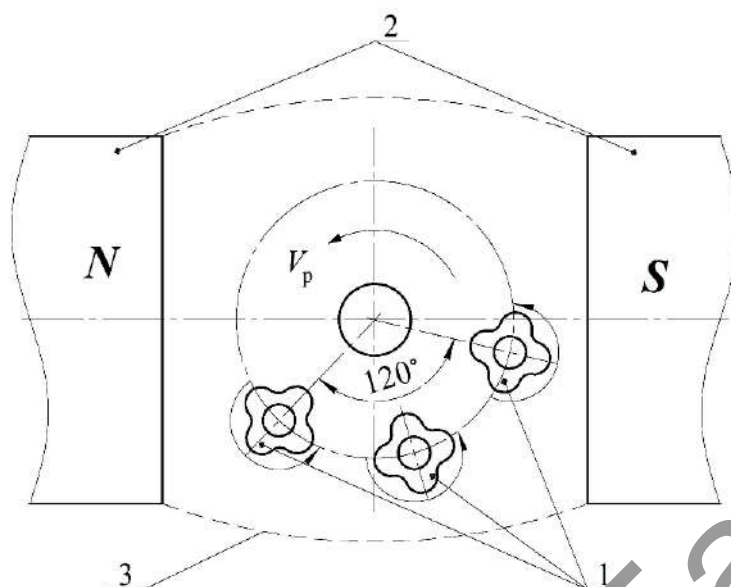


а)



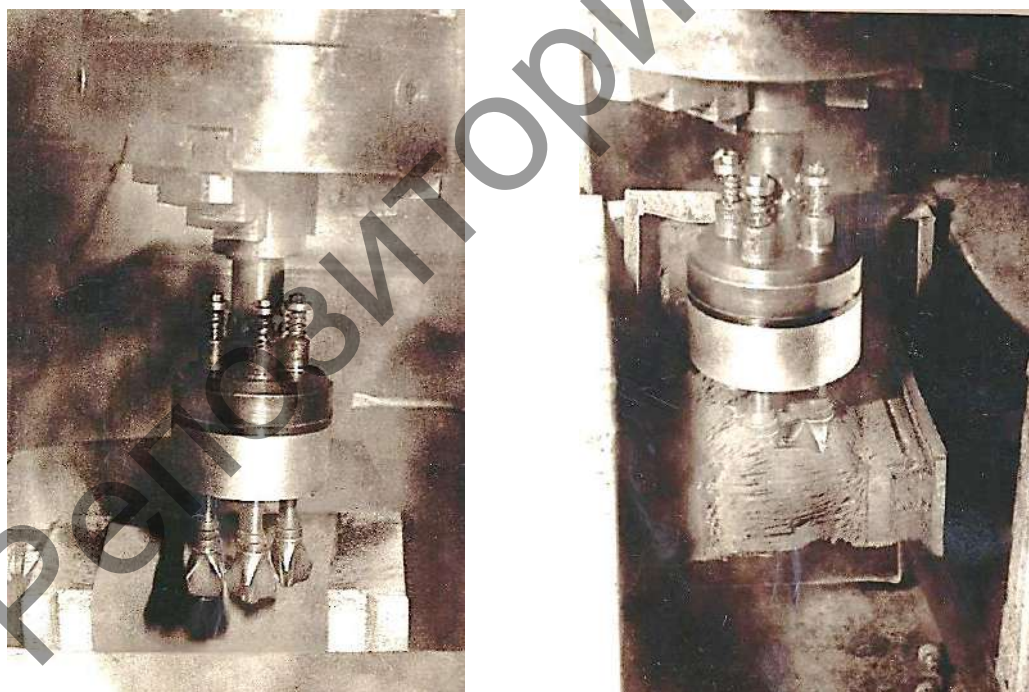
б)

Рисунок 2 — Форма частиц ФАП Ж15КТ, используемого при обработке поверхностей маховичков, при различных увеличениях (растровая электронная микроскопия).
× 150 (а); × 263 (б)



1 — обрабатываемые маховички; 2 — полюсные наконечники;
3 — условная граница ферроабразивной «щетки»

Рисунок 3. — Схема магнитно-абразивной обработки маховичков



а)

б)

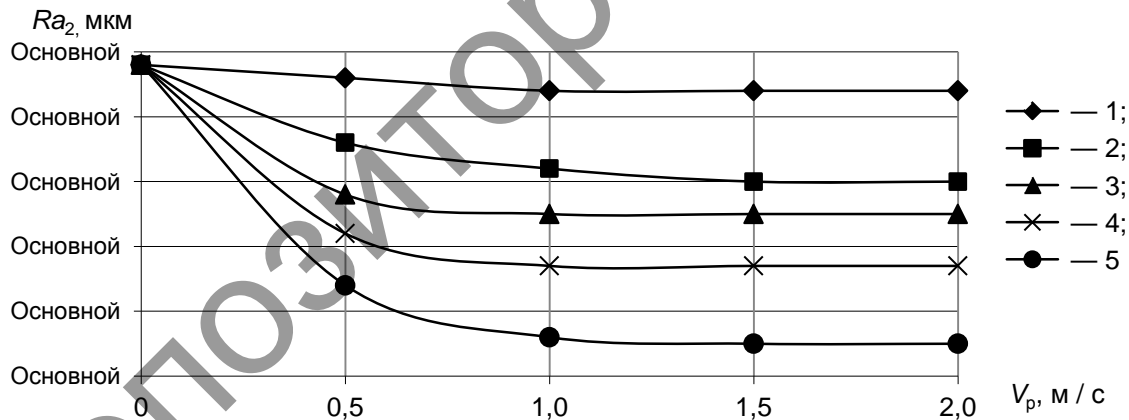
Рисунок 4. — Рабочая зона станка ЭУ-5 до введения маховичков между полюсными наконечниками (а); в процессе MAO маховичков (б)

Экспериментальные исследования MAO маховичков водопроводных вентилях проводились на станке ЭУ-5 с полюсными наконечниками, имеющими плоскую прямоугольную поверхность (рисунок 4).

Параметры и режимы обработки: величина магнитной индукции, $B = 0,6 \dots 1,0$ Т; скорость резания, $V_{рез} = 1 \dots 2$ м / с; величина рабочего зазора, $\delta = 1 \dots 2$ мм; ФАП — Ж15КТ; размерность частиц ФАП, $\Delta_1 = 100$ мкм; $\Delta_2 = 250$ мкм; СОТС — СинМА-1 ТУ 38.5901176-91, 5%-й водный раствор; капельная подача СОТС с удельным расходом 150 мл / мин. Образцами для обработки служили маховички водопроводных вентилях ГОСТ 19681-83; материал — сталь 20Х13 ГОСТ 5632-72.

Многопозиционная обработка трех деталей уменьшила время обработки одной детали до 30 с. Результаты исследований приведены на рисунке 5 и в таблицах 2 и 3.

В результате проведенных исследований установлено, что при использовании ФАП Ж15КТ с зернистостью более 250 мкм при полном заполнении рабочего зазора ($K_3 = 1$) в процессе MAO происходит увеличение уплотнения порошка. В случае уменьшения коэффициента заполнения рабочего зазора до $K_3 = 0,8$ процесс MAO по причине снижения режущей способности ферроабразивной «щетки» прекращается. Оптимальной величиной заполнения рабочего зазора, согласно комплексу проведенных исследований, является $K_3 = 0,95$ [10]. Выявлено, что объем частиц ФАП, который был удален механическим способом, при отключении ЭМС после окончания процесса MAO маховичков с боковых поверхностей полюсных наконечников, как показатель флокуляции ферроабразивной «щетки», составил: для $K_3 = 1 \dots 7\%$ от всего объема ФАП, помещенного в рабочую зону; $K_3 = 0,95 \dots 4\%$; $K_3 = 0,9 \dots 3\%$; $K_3 = 0,85 \dots 3\%$ (при учете того, что принимался в расчет объем рабочей зоны и объем помещенных в эту зону маховичков). Это связано с тем, что наличие деталей увеличивает объем ферроабразивной «щетки», и вносит коррекцию в рост коэффициента уплотнения ФАП. В случае отсутствия маховичков в рабочей зоне объем частиц ФАП, который был удален механическим способом, составляет для $K_3 = 1 \dots 6\%$ от всего объема ФАП, помещенного в рабочую зону; $K_3 = 0,95 \dots 4\%$; $K_3 = 0,9 \dots 3\%$; $K_3 = 0,85 \dots 3\%$.



1 — $\Delta_2/\Delta_1 = 100/0$; 2 — $\Delta_2/\Delta_1 = 75/25$; 3 — $\Delta_2/\Delta_1 = 50/50$; 4 — $\Delta_2/\Delta_1 = 25/75$; 5 — $\Delta_2/\Delta_1 = 0/100$

Рисунок 5. — Зависимость шероховатости поверхности маховичков после MAO Ra_2 от скорости резания V_p при различных соотношениях весовых долей ФАП разной размерности Δ_2/Δ_1 и постоянной магнитной индукции $B = 1$ Т

Т а б л и ц а 2. — Производительность процесса MAO G (мг) в зависимости от величины магнитной индукции B при различных соотношениях весовых долей ФАП разной размерности Δ_2/Δ_1 и постоянной скорости резания $V_p = 1$ м / с

Δ_2/Δ_1	$B = 0,6$ Т	$B = 0,8$ Т	$B = 1$ Т
100/0	141	151	185
75/25	130	145	168
50/50	117	124	137
25/75	98	110	116
0/100	84	92	95

Т а б л и ц а 3. — Производительность процесса MAO G (мг) в зависимости от скорости резания V_p при различных соотношениях весовых долей ФАП разной размерности Δ_2/Δ_1 и постоянной магнитной индукции $B = 0,8$ Т

Δ_2/Δ_1	$V_p = 0,5$ м / с	$V_p = 1$ м / с	$V_p = 1$ м / с
100/0	116	151	139
75/25	110	145	126
50/50	103	124	107
25/75	96	110	103
0/100	76	92	85

Внешний вид маховичков после MAO отвечает требованиям образца-эталона, утвержденного в соответствии с ГОСТ 15.009-91: маховички имели резьбу без поврежденных ниток, препятствующих возможности свинчивания вручную, на их поверхностях отсутствовали острые кромки, параметр шероховатости $Ra_2 = 0,63$ мкм. Приемосдаточные испытания на соответствие требованиям выдерживания статического давления воды не менее 0,9 МПа и в части внешнего вида проводились для каждого изделия. Проверке на работоспособность подверглись три изделия из всей партии, каждое изделие соответствовало требованиям ГОСТ 19681-83, что позволяет результаты проверки считать достоверными и распространить на всю партию. Проверка расхода воды осуществлялась с использованием манометра класса 2,5 ГОСТ 8625-77, секундомера, ротаметра и мерной емкости объемом 2,5 л. При проверке на герметичность установлено, что отсутствуют капли и струи воды при истечении из трубопровода и потение в местах соединений, уплотнений и на поверхностях деталей. Внешний вид маховичков определяли визуально без применения увеличительных приборов с расстояния 0,5 м при естественном и искусственном освещенности 200 лк. Параметры шероховатости определялись на профилографе-профилометре модели 252 «Калибр».

Получение требуемой шероховатости поверхности маховичков водопроводных вентилях после MAO позволяет уменьшить попадание и накопление в устье микронеровностей трудноудаляемых органических образований. Поскольку остатки микрофлоры (продукты белкового и жирового распада, непредельные жирные кислоты и т. п.) являются питательной средой для термофильных и термотолерантных микроорганизмов, в число которых входит, например, кишечная палочка, то необходимость достижения заданной шероховатости носит не только эстетический, но и санитарно-гигиенический характер. Также гладкость обработанной поверхности обеспечивает безопасность кожного покрова пальцев при эксплуатации маховичков.

Заключение. Установлено, что в процессе MAO маховичков водопроводных вентилях при наличии больших рабочих зазоров и использовании полюсных наконечников прямоугольной формы формируется участок с локальным повышением уплотнения ФАП, что, в свою очередь, обеспечивает рост производительности обработки сложнопровильных поверхностей маховичков при учете таких технологических факторов, как скорость резания, величина магнитной индукции и соотношение весовых долей ФАП разной размерности. Определено, что наилучший результат по качеству обработанных поверхностей и производительности процесса MAO достигается при обработке трех маховичков, равномерно распределенных по дуге в секторе, имеющем угол 120° .

Список цитируемых источников

1. Смесители и краны водоразборные. Типы и основные размеры: ГОСТ 25809-96. — Введ. 01.04.98. — Минск : Межгос. науч.-техн. комиссия по стандартизации и нормированию в строительстве (МНТКС) : Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 1998. — 31 с.
2. *Галкин, П. А.* Большая энциклопедия сантехники / П. А. Галкин, А. Е. Галкина. — М. : Эксмо, 2012. — 288 с.
3. Арматура санитарно-техническая водоразборная. Общие технические условия: ГОСТ 19681-94. — Введ. 01.07.96. — Минск : Межгос. науч.-техн. комиссия по стандартизации и нормированию в строительстве (МНТКС) : Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 1996. — 20 с.
4. *Макієнко, М. І.* Загальний курс слюсарної справи / М. І. Макієнко ; пер. з рос. В. К. Сидоренко. — Київ : Вища шк., 1994. — 312 с.
5. *Бабичев, А. П.* Основы вибрационной технологии / А. П. Бабичев, И. А. Бабичев. — Ростов н / Д : ДГТУ, 1998. — 624 с.
6. *Житников, В. П.* Импульсная электрохимическая размерная обработка / В. П. Житников, А. Н. Зайцев. — М. : Машиностроение, 2008 — 413с.
7. *Барон, Ю. М.* Магнитно-абразивная и магнитная обработка изделий и режущих инструментов / Ю. М. Барон. — Л. : Машиностроение, 1986. — 172 с.
8. *Сакулевич, Ф. Ю.* Основы магнитно-абразивной обработки / Ф. Ю. Сакулевич. — Минск : Наука и техника, 1981. — 326 с.
9. *Крымский, М. Д.* Распределение уплотнения магнитно-абразивного порошка в рабочем зазоре станка / М. Д. Крымский // Магнитно-абразивные материалы и методы их испытаний : сб. науч. тр. / ИПМ АН УССР. — Киев : Ин-т проблем материаловедения АН УССР. — 1980. — С. 92—97.
10. Формирование качества сложнопольных поверхностей при магнитно-абразивной обработке / Л. М. Акулович [и др.]. — Минск : БГАТУ, 2016. — 296 с.

Поступил в редакцию 14.03.2019