

Учреждение образования
«Барановичский государственный университет»

Вестник БарГУ

Ежеквартальный научно-практический журнал

Издаётся с марта 2013 г.

Выпуск 8, июнь, 2020.

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 технологии и оборудования машиностроения 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

Леон Ольга Вячеславовна, кандидат филологических наук, доцент кафедры теории и практики германских языков учреждения образования «Барановичский государственный университет» (Барановичи, Республика Беларусь).

Богданович Ирина Аркадьевна (*ответственный за направление «Машиностроение и машиноведение»*), кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой технологии и оборудования машиностроения 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, главный научный сотрудник государственного научного учреждения «Физико-технический институт Национальной академии наук Беларуси» (Минск, Республика Беларусь).

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

Девоино Олег Георгиевич, доктор технических наук, профессор, заведующий научно-исследовательской инновационной лабораторией плазменных и лазерных технологий филиала Белорусского национального технического университета «Научно-исследовательский политехнический институт» (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).

Сиваченко Леонид Александрович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры транспортных и технологических машин межгосударственного образовательного учреждения высшего образования «Белорусско-Российский университет» (Могилев, 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» включён в Перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований по техническим наукам

Научно-практический журнал «Вестник БарГУ» включён 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 А. Ю. Сидоренко

Технический редактор Л. Н. Щербук

Компьютерная вёрстка С. М. Глушак

Корректор Н. Н. Колодко

Подписано в печать 16.06.2020. Формат 60 × 84¹/₈. Бумага ксероксная. Печать цифровая. Гарнитура Таймс. Усл. печ. л. 16,00. Уч.-изд. л. 9,35. Тираж 100 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, 2020

Установа адукацыі
«Баранавіцкі дзяржаўны ўніверсітэт»

Веснік БарДУ

Штоквартальны навукова-практычны часопіс

Выдаецца з сакавіка 2013 г.

Выпуск 8, чэрвень, 2020.

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 тэхналогіі і абсталявання машынабудавання 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

Леон Вольга Вячаславаўна, кандыдат філалагічных навук, дацэнт кафедры тэорыі і практыкі германскіх моў установы адукацыі «Баранавіцкі дзяржаўны ўніверсітэт» (Баранавічы, Рэспубліка Беларусь).

Багдановіч Ірына Аркадзеўна (*адказы за напрамак «Машынабудаванне і машыназнаўства»*), кандыдат тэхнічных навук, дацэнт, загадчык кафедры тэхналогіі і абсталявання машынабудавання ўстановы адукацыі «Баранавіцкі дзяржаўны ўніверсітэт» (Баранавічы, Рэспубліка Беларусь).

Дубень Ігар Віктаравіч (*адказы за напрамак «Працэсы і машыны аграінжынерных 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, галоўны навуковы супрацоўнік дзяржаўнай навуковай установы «Фізіка-тэхнічны інстытут Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі» (Мінск, Рэспубліка Беларусь).

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

Дзявойна Алег Георгіевіч, доктар тэхнічных навук, прафесар, загадчык Навукова-даследчай інавацыйнай лабараторыі плазменных і лазерных тэхналогій філіяла Беларускага нацыянальнага тэхнічнага ўніверсітэта «Навукова-даследчы палітэхнічны інстытут» (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).

Сівачэнка Леанід Аляксандравіч, доктар тэхнічных навук, прафесар, прафесар кафедры транспартных і тэхналагічных машын міждзяржаўнай адукацыйнай установы вышэйшай адукацыі «Беларуска-Расійскі ўніверсітэт» (Магілёў, Рэспубліка Беларусь).

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

Шлэг Валерыі 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 Г. Ю. Сідарэнка

Тэхнічны рэдактар Л. М. Шчарбук

Камп'ютарная вёрстка С. М. Глушак

Карэктар Н. М. Каладко

Падпісана да друку 16.06.2020. Фармат 60 × 84 1/8. Папера ксерасная. Друк лічбавы. Гарнітура Таймс. Ум. друк. арк. 16,00. Ул.-выд. арк. 9,35. Тыраж 100 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 Слоніў, Гродзенская вобл.

© БарДУ, 2020

Educational institution
“Baranovichi State University”

BarSU Herald

A quarterly scientific and practical journal

Published since March 2013.

Volume 8, June, 2020.

Engineering Series

Founder: 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

Executive 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 at the Chair of Machine-Building Technology and Equipment, Baranovichi State University (Baranovichi, the Republic of Belarus).

Executive secretary of the issue

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

English Text Editor

Olga V. Leon, Ph. D in Philological Science, Associate Professor at the Chair of Theory and Practice of Germanic Languages, Baranovichi State University (Baranovichi, the Republic of Belarus).

Iryna A. Bogdanovich (*in charge of the heading “Machine Building and Engineering Science”*), Ph. D of Technical Science, Associate Professor, Head of the Chair of Technology and Equipment of Mechanical Engineering, 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, Chief Researcher at the State Scientific Institution “The Physical-Technical Institute of the National Academy of Sciences of Belarus” (Minsk, the Republic of Belarus).

Andrei K. Gavrilnya, Ph. D. in Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Chair of Technical Support of Agricultural Production and Agronomy of Engineering Department, Baranovichi State University (Baranovichi, 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 branch of Belarusian National Technical University “Research Division” (Minsk, the Republic of Belarus).

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

Viktor S. Ivashko, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor at 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 at the Chair of Engineering Science and Automobile Technical Maintenance of “Yanka Kupala State University of Grodno” (Grodno, the Republic of Belarus).

Anatoly N. Kartashevich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Chair of Tractors, Cars and Machines for Environmental Engineering 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 at 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).

Leonid A. Sivachenko, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor at the Chair of Transport and Technological Machines, Interstate Higher Education Institution “Belarusian-Russian University” (Mogilev, 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 compliance with the order of the Higher Attestation Commission of the Republic of Belarus from January 21, 2015 № 16 the scientific and practical journal “BarSU Herald. Engineering Series” is included into the List of scientific publications of the Republic of Belarus for publishing the results of theses research on engineering sciences (mechanical engineering and machines, processes and machines of agroengineering systems).

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

Publishing: 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 A. Y. Sidorenko

Technical editor L. N. Scherbuk

Desktop Publishing S. M. Glushak

Proofreader N. N. Kolodko

Passed for printing 16.06.2020. Format 60 × 84 1/8. Xerox Paper. Digital printing. Font Times. Conv. pr. s. l. 16,00. Acc.-pub. s. l. 9,35. Circulation of 100 copies. Order

Free price.

Printing: Grodno Regional Printing Unitary Enterprise “Slonim Printing Establishment”. Certificate about state registration of publishers, manufacturers and distributors of printings № 1/203 from 07.03.2014, № 2 from 25.02.2014.

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

© BarSU, 2020

СОДЕРЖАНИЕ

МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

Алифанов А. В., Горецкий Г. П., Цуран В. В., Богданович И. А., Толкачева О. А. Исследование влияния высокотемпературной термомеханической обработки на структуру и механические свойства сталей, применяемых для изготовления рубильных ножей	10
Борис Е. В. Исследование статических боковых смещений ленты грузовой и порожняковой ветвей ленточного конвейера	17
Данилов В. А., Борис Е. В. Повышение долговечности приводов машин и механизмов на основе применения профильных моментопередающих соединений	25
Данилов В. А., Селицкий А. Н. Погрешность профилирования и качество синусоидальных цилиндрических поверхностей при ротационном точении эксцентрично установленным круглым резцом	35
Дьяченко О. В., Криуша С. М., Кардаполова М. А., Голубев В. С., Вегера И. И. Лазерное модифицирование газотермических покрытий из нержавеющей сталей	44
Жигалов А. Н., Богдан Д. Д., Горавский И. А. Исследования влияния аэродинамического звукового упрочнения на свойства твердых сплавов	53
Жигалов А. Н., Горавский И. А., Богдан Д. Д. Оптимизация износа и ресурса металлорежущего твердосплавного инструмента сплава В35, упрочненного аэродинамическим звуковым методом	69
Милюкова А. М., Алифанов А. В., Михлюк А. И., Горчанин А. И., Матяс А. Н. Улучшение физико-механических свойств сталей для изготовления труб путем магнитно-импульсной обработки	79
Наливко О. И., Русан С. И., Сиваченко Л. А., Сиваченко Т. Л. Исследования напряженно-деформационного состояния проволочного рабочего элемента измельчительной машины	90
Потапов В. А., Сиваченко Л. А. Цепной агрегат с волновой рабочей камерой и адаптивным механизмом силового воздействия для переработки влажных сырьевых материалов	98

ПРОЦЕССЫ И МАШИНЫ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ

Пивоварчик А. А., Гавриленя А. К., Войтович М. М. Исследование износа протекторов всесезонных автомобильных шин для грузовых механических транспортных средств	106
Пивоварчик А. А., Гавриленя А. К., Сергей А. И. Исследование эксплуатационных свойств полусинтетических моторных масел, используемых в дизельных двигателях внутреннего сгорания	111
Филиппов А. И., Аутко А. А., Заяц Э. В., Чеботарев В. П., Дубень И. В. Оборудование для дозирования и ленточного внесения удобрений к универсальному агрегату АУ-М1	119

ЗМЕСТ

МАШЫНАБУДАВАННЕ І МАШЫНАЗНАЎСТВА

Аліфанаў А. В., Гарэцкі Г. П., Цуран У. У., Багдановіч І. А., Талкачова В. А. Даследаванне ўплыву высокатэмпературнай тэрма механічнай апрацоўкі на структуру і механічныя ўласцівасці сталяў, якія прымяняюцца для вырабу рубільных нажоў	10
Борыс Я. В. Даследаванне статычных бакавых зрушэнняў стужкі грузавых і парожніх галін стужачнага канвеера	17
Данілаў В. А., Борыс Я. В. Павышэнне даўгавечнасці прывадаў машын і механізмаў на аснове прымянення профільных момантаперадаючых злучэнняў	25
Данілаў В. А., Сяліцкі А. М. Хібнасць прафілявання і якасць сінусаідальных цыліндрычных паверхняў пры ратацыйным тачэнні эксцэнтрычна ўстаноўленым круглым разцом	35
Дз'ячэнка В. У., Крыуша С. М., Кардаполава М. А., Голубеў В. С., Вегера І. І. Лазернае мадыфікаванне газатэрмічных пакрыццяў з нержавеючых сталяў	44
Жыгалаў А. М., Богдан Д. Д., Гараўскі І. А. Даследаванні ўплыву аэрадынамічнага гукавога ўмацавання на ўласцівасці цвёрдых сплаваў	44
Жыгалаў А. М., Гараўскі І. А., Богдан Д. Д. Аптымізацыя зношвання і рэсурсу металарэжучага цвёрдасплаўнага інструмента сплаву В35, умацаванага аэрадынамічным гукавым метадам	69
Мілюкова Г. М., Аліфанаў А. В., Міхлюк А. І., Гарчанін А. І., Мацяс А. М. Паляпшэнне фізіка-механічных уласцівасцей сталяў для вырабу труб шляхам магнітна-імпульснай апрацоўкі	79
Наліўка А. І., Русан С. І., Сівачэнка Л. А., Сівачэнка Т. Л. Даследаванне напружана-дэфармаванага стану драцянога рабочага элемента здрабняльнай машыны	90
Патапаў У. А., Сівачэнка Л. А. Ланцуговы агрэгат з хвалевай рабочай камерай і адаптыўным механізмам сылавога ўздзеяння для перапрацоўкі вільготных сыравінных матэрыялаў	98

ПРАЦЭСЫ І МАШЫНЫ АГРАНЖЫНЕРНЫХ СІСТЭМ

Піваварчык А. А., Гаўрыленя А. К., Вайтовіч М. М. Даследаванне зношвання пратэктараў усесезонных аўтамабільных шин для грузавых механічных транспартных сродкаў	106
Піваварчык А. А., Гаўрыленя А. К., Сяргей А. І. Даследаванне эксплуатацыйных уласцівасцей паўсінтэтычных маторных маслаў, выкарыстоўваемых у дызельных рухавіках унутранага згарання	111
Філіпаў А. І., Аутка А. А., Заяц Э. У., Чабатароў В. П., Дубень І. В. Абсталяванне для дазіравання і стужачнага ўнясення ўгнаення да ўніверсальнага агрэгата АУ-М1	119

CONTENTS

MACHINE BUILDING AND ENGINEERING SCIENCE

Alifanov A. V., Goretsky G. P., Tsuran V. V., Bogdanovich I. A., Tolkacheva O. A. The research of the influence of ausforming on the structure and mechanical properties of steels applied for manufacturing chipping knives	10
Borys Ya. The research of static lateral displacements of the belt track of the carrying and return belt conveyor lines	17
Danilau V. A., Borys Ya. Increasing the durability of machinery drives based on the application of profile torque-transmitting joints	25
Danilau V. A., Sialitskiy A. N. Profiling error and quality of sinusoidal cylindrical surfaces under rotary turning with an eccentric circular tool	35
Dyachenko O. V., Kriusha S. M., Kardapolova M. A., Golubev V. S., Vegera I. I. Laser modification of gas-thermal coatings from stainless steels	44
Jigalov A. N., Bogdan D. D., Goravskii I. A. The studies of the influence of aerodynamic sound hardening on the properties of hard alloys	53
Jigalov A. N., Goravskii I. A., Bogdan D. D. Optimization of the wear and resource of a metal-cutting carbide tool of B35 alloy strengthened by the aerodynamic sound method	69
Milyukova A. M., Alifanov A. V., Mikhlyuk A. I., Gorchanin A. I., Matyas A. N. The improvement of physical and mechanical properties of steels for manufacturing pipes by magnetic-pulse treatment	79
Naliuko O. I., Rusan S. I., Sivachenko L. A., Sivachenko T. L. The research of stress-strain state of a wire operating element of a grinding machine	90
Potapov V. A., Sivachenko L. A. A chain unit with a wave working chamber and adaptive mechanism of force influence for reprocessing humid raw materials	98

PROCESSES AND MACHINES OF AGROENGINEERING SYSTEMS

Pivovarchyk A. A., Haurylenia A. K., Vaitovich M. M. The research of the tread wear of all-season automobile tires for mechanical cargo vehicles	106
Pivovarchyk A. A., Haurylenia A. K., Sergei A. I. The study of performance attributes of semi-synthetic motor oils used in diesel internal combustion engines	111
Filippov A. I., Autko A. A., Zayats E. V., Chebotarev V. P., Duben I. V. The equipment for dosing and band fertilization to the AU-M1 universal unit	119

УДК 621.926

В. А. Потапов¹, Л. А. Сиваченко²

¹Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Министерство образования Республики Беларусь, ул. Войкова, 21, 225404 Барановичи, Республика Беларусь, +375 (29) 225 76 26, vladimir-potapov-1990@mail.ru

²Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования «Белорусско-Российский университет», Министерство образования Республики Беларусь, Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, пр-т Мира, 43, 212000 Могилев, Республика Беларусь, +375 (44) 792 86 83, 228011@mail.ru

ЦЕПНОЙ АГРЕГАТ С ВОЛНОВОЙ РАБОЧЕЙ КАМЕРОЙ И АДАПТИВНЫМ МЕХАНИЗМОМ СИЛОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ВЛАЖНЫХ СЫРЬЕВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Проведен анализ существующего оборудования в области переработки влажных сырьевых материалов. Рассмотрены конструкции цепных агрегатов и предложена конструкция цепного агрегата с волновой рабочей камерой и адаптивным механизмом силового воздействия на перерабатываемый материал, что позволит решать поставленные задачи с минимальными издержками.

Ключевые слова: сырьевые материалы; цепной агрегат; волновая камера; измельчение; рыхление; переработка.

Рис. 5. Библиогр.: 19 назв.

V. A. Potapov¹, L. A. Sivachenko²

¹Baranovichi State University, Ministry of Education of the Republic of Belarus, 21 Voykov St., 225404 Baranovichi, the Republic of Belarus. 375 (29) 225 76 26, vladimir-potapov-1990@mail.ru

²Belarusian-Russian University, Ministry of Education of the Republic of Belarus, Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, 43 Mira Ave., 212000 Mogilev, the Republic of Belarus, +375 (44) 792 86 83, 228011@mail.ru

A CHAIN UNIT WITH A WAVE WORKING CHAMBER AND ADAPTIVE MECHANISM OF FORCE INFLUENCE FOR REPROCESSING HUMID RAW MATERIALS

The analysis of equipment existing in the field of reprocessing humid raw materials is carried out, in particular, the design of chain units is considered and the design of a chain unit with a wave working chamber and adaptive mechanism of force influence on the processed material is suggested to enable the user to solve the goals set with minimal costs.

Keywords: raw materials; chain unit; wave chamber; shredding; loosening; processing.

Fig. 5. Ref.: 19 titles.

Введение. Проблемы первичной переработки влажных сырьевых и особенно карьерных материалов (мела, мергеля, глины, торфа), обладающих большой природной влажностью [1], имеют важное народно-хозяйственное значение, что обусловлено объемами переработки в масштабах Республики Беларусь (25...27 млн т в год [2]), высокой стоимостью и сложностью применяемого оборудования, большими эксплуатационными издержками. Используемое на соответствующих производствах оборудование в должной степени не решает эти проблемы, что в первую очередь связано с отсутствием научно аргументированных разработок в области проектирования технологических агрегатов для этих целей [3].

С учетом особенностей переработки рассматриваемых сырьевых материалов в рабочей камере агрегата должен быть такой механизм воздействия на перерабатываемый материал, при котором он получит нужные преобразования с минимальными издержками.

При переработке анизотропного материала возникает проблема, связанная с тем, что усилие для разрушения материала может иметь широкий диапазон значений. На материал должны воздействовать различного рода силовые воздействия (ударное, режущее, раскалывающие, истирающее) или совокупность этих воздействий. Таким образом, необходимо создать такой механизм воздействия на перерабатываемый материал, чтобы он учитывал особенности процесса и свойства материала, т. е. был адаптивным.

Из вышесказанного можно сделать вывод о необходимости создания агрегата с адаптивным механизмом силового воздействия на перерабатываемый материал.

Основная часть. Технологические свойства рассматриваемых сырьевых материалов достаточно сложно учитывать в процессах, связанных с рыхлением, измельчением, сортировкой и удалением посторонних включений. Главные факторы, определяющие условия первичной переработки: размерная неопределенность, анизотропность, изменчивость реологического состояния среды, высокая липкость и др.

Структура большинства современных технологических комплексов такова, что осуществляемые в них процессы различны по многообразию применяемого оборудования и условиям проведения [1].

При этом, несмотря на необходимость проведения целого ряда процессов, основополагающим является измельчение, которое может осуществляться преимущественно следующими способами: свободным ударом, режущим воздействием, сжатием со сдвигом, самоизмельчением, истиранием.

В настоящее время применяется большое количество различных по конструкции агрегатов: глинорыхлители, глиноизмельчители, дырчатые вальцы, бегуны, роторные и молотковые дробилки, стругачи и другие измельчители [4–6].

При анализе их работы, конструкций и опыта эксплуатации можно выделить следующие недостатки: при влажности 16...18 % затруднена переработка влажного сырьевого материала, в конечном итоге снижается производительность; при попадании твердых недробимых включений происходит подклинивание и ускоренный износ рабочих органов, высокая энергоемкость процесса и относительно большие эксплуатационные затраты [4; 7].

Предлагается новое техническое решение агрегата для работы с влажными сырьевыми материалами — цепные технологические агрегаты, а также предложены варианты выполнения агрегатов (рисунок 1), представленных в работах [3; 8].

Предшественником данной разработки является устройство для измельчения сыпучих материалов [9].

В основу разрабатываемой конструкции положен принцип совмещения в одном агрегате нескольких технологических операций (измельчение, рыхление, сортировка и удаление посторонних включений), реализации адаптивных методов силового воздействия на обрабатываемые материалы.

Конструкция выполнена из набора цепных элементов, соединенных между собой и образующих рабочую камеру, нижняя часть которой осуществляет возвратно-поступательные перемещения за счет кривошипно-шатунного механизма. Для интенсификации рабочего процесса цепные элементы могут оснащаться зубьями, а внутри рабочей камеры может быть размещен фрезерный рабочий орган [4; 8]. Основное назначение такой конструкции — использование в качестве агрегата для первичных стадий измельчения мела, мергеля, глины, трепела и других материалов в крупнотоннажных производствах. Основная эффективность цепного измельчителя обеспечивается способностью перерабатывать влажное сырье и заключается в снижении энергоемкости, улучшении условий эксплуатации и повышении качества обработанного материала.

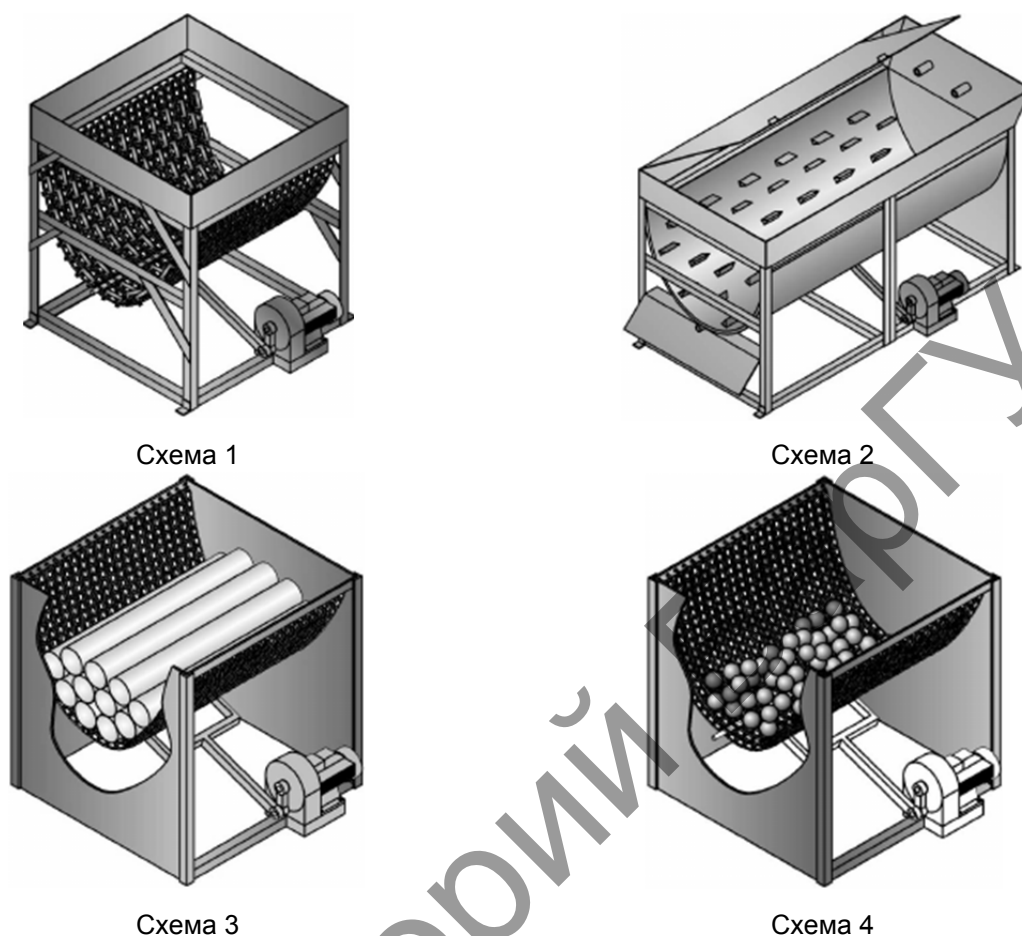


Рисунок 1. — Варианты выполнения цепных агрегатов [3]

Измельчитель влажных материалов (см. рисунок 1, схема 1). Для эффективной переработки широкого ряда таких влажных сырьевых материалов, как мел, мергель, глина, трепел, торф, глинозем и многие другие, предлагается принципиально новый агрегат для их измельчения в составе основного массоподготовительного оборудования. Материал карьерной влажности подвергается интенсивному разрушению путем ударов, среза, истирания, мелких сколов и просыпается или продавливается через цепную завесу в виде мелкоизмельченного продукта. Крупные недробимые включения отсеиваются на цепной завесе и удаляются. Агрегат может работать на материалах с влажностью до 30 % и с любой исходной крупностью, соизмеримой с размерами приемного отверстия, при этом наличие материала в рабочей камере только способствует улучшению условий его разрушения и принудительного продавливания через элементы цепного полотна [3; 7].

Гранулятор (см. рисунок 1, схема 2). Для гранулирования материалов представлен агрегат с рабочим органом в виде гибкого полотна. В процессе гранулирования сырье интенсивно смешивается со связующими компонентами за счет постепенного их продвижения по гибкому полотну, совершающему постоянные перемещения, в сторону выгрузочного устройства. Гранулятор наилучшим образом работает при равномерной подаче сырья и связующего компонента, например, через специальные патрубки, так как большая масса сырья в рабочей камере затруднит процесс гранулирования ввиду того, что весь объем сырья не смешивается со связующим компонентом за время прохождения через рабочую камеру. В целях интенсификации процесса гранулирования на гибком полотне равномерно по всей поверхности закрепляют лопасти [3; 10].

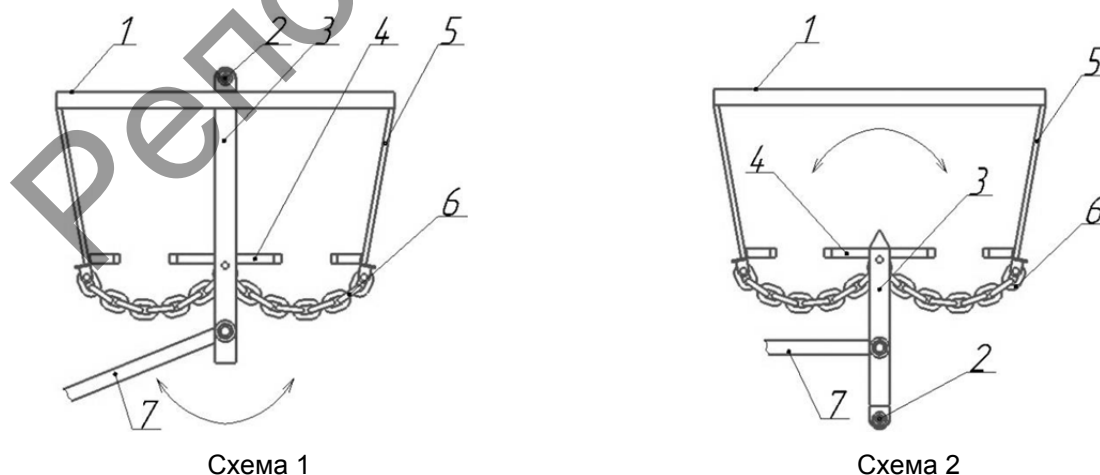
Устройство для селективного измельчения (см. рисунок 1, схема 3) применяется для измельчения минерального сырья и может быть использовано для селективного дробления различных материалов малой и средней прочности, например известняка, калийной руды, цеолита, туфа, мрамора, перед осуществлением их последующего обогащения, сушки или приготовления суспензий и смесевых композиций. Рабочий процесс осуществляется следующим образом. Материал, попадая в зону действия рабочего оборудования, имеющего большое число зон активного воздействия и по меньшей мере один мелющий элемент, интенсивно измельчается за счет многочисленных ударов, истирания сколов и срезов; когда размеры частиц достигают определенного размера, позволяющего им проходить между звеньями цепей, просыпаются между ними в виде готового для последующего использования продукта [3; 11].

Механоактиватор для сырьевых смесей (см. рисунок 1, схема 4). Для механоактивации твердых материалов можно использовать агрегат с цепным оборудованием, в котором в качестве измельчающих элементов применяется множество металлических шаров. Это, по сути, есть шаровая мельница с приводом от кинематических деформируемых стенок помольной камеры с достаточно интенсивным процессом измельчения. При работе механоактиватора происходит не только избирательное измельчение, но и образование новой поверхности на подавляющем большинстве частиц исходной сырьевой массы. Его технологическая область применения — механоактивация компонентов бетонной смеси по отдельной технологии производства [3].

Проведенные испытания и структурный анализ конструкции цепных агрегатов показали [3], что они обладают целым рядом недостатков, к числу которых можно отнести: недостаточный уровень силового воздействия на обрабатываемые материалы из-за невозможности установки крупных зубьев, необходимых для разрушения крупного кускового материала; ограниченные размеры по ширине рабочей камеры; повышенные рабочие нагрузки на элементы конструкции, в частности, на кривошипно-шатунный механизм; наличие зон низкой интенсивности процесса в районе боковых стенок [12].

С учетом перечисленных недостатков в данной работе была обоснована и реализована конструкция цепного агрегата с волновой рабочей камерой. Предлагаемая конструкция разработана на основе анализа большого числа технических решений цепных измельчителей, в необходимой степени учитывает весь цикл выполненных ранее поисковых исследований и отражает потенциальные возможности по переработке различных материалов [3; 7—11; 13—17].

Графически показаны варианты схем цепного агрегата с волновой рабочей камерой (рисунок 2) и рабочий процесс цепного агрегата (рисунок 3).



1 — рама; 2 — ось подвеса; 3 — маятниковый рычаг; 4 — толкатель;
5 — гибкая стенка; 6 — цепное полотно; 7 — шатун

Рисунок 2. — Варианты схем цепного агрегата с волновой рабочей камерой

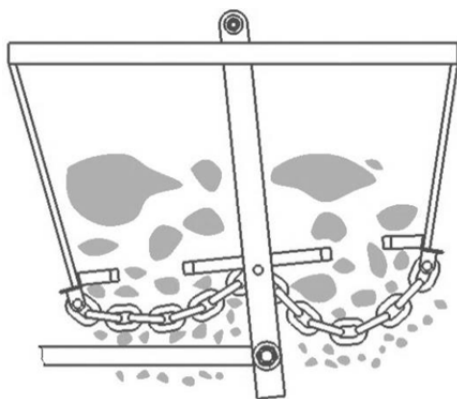


Рисунок 3. — Рабочий процесс цепного агрегата

Маятниковый рычаг 3, необходимый для создания волнового эффекта, можно закрепить с верхним и нижним подвесом (см. рисунок 2, схемы 1 и 2). При этом, независимо от типа подвеса маятниковых рычагов, рабочий процесс цепных агрегатов осуществляется путем качающего движения толкателя, который эти движения от кривошипно-шатунного механизма попеременно передает каждой из цепных волн, создающих сложные пространственные перемещения рабочих поверхностей и обеспечивающих определенный механизм воздействия на куски перерабатываемого материала.

На схеме 1 рисунка 2 представлен вариант цепного агрегата с верхним подвесом маятниковых рычагов, который обладает отличительным преимуществом, заключающимся в простоте конструкции и удобстве обслуживания и ремонта рабочего оборудования. К недостаткам данной конструкции можно отнести то, что некоторый объем камеры занимают маятниковые рычаги, которые неэффективно взаимодействуют с перерабатываемым материалом, а с кинематической точки зрения толкатель совершает колебательные движения по дуге окружности, направленной вверх, стремясь перенести материал от центра к стороне гибкой стенки, при этом просто отбивая его вверх.

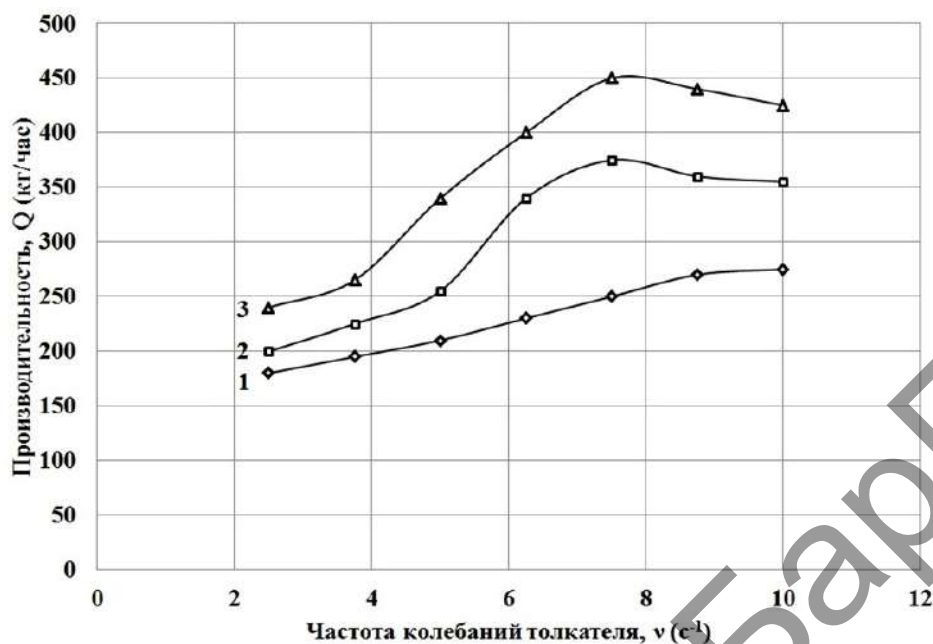
На схеме 2 рисунка 2 представлен цепной агрегат с нижним подвесом маятниковых рычагов. К преимуществам данного варианта подвеса маятникового рычага можно отнести то, что он смонтирован снизу и не занимает объем в рабочей камере, не участвует в процессе переработки, а толкатель движется по дуге окружности, направленной вниз, при этом стремится перенести материал в сторону цепных завес, что благоприятно влияет на процесс переработки. Недостатком данной конструкции является некоторая сложность обслуживания и ремонта, неблагоприятные условия работы подвижных частей привода из-за попадания в зоны трения перерабатываемого материала.

Выбор того или иного варианта подвеса маятниковых рычагов будет зависеть от условий работы цепного агрегата, физико-механических свойств перерабатываемого материала, характера его загрузки (транспортёр, экскаватор и бункер), эффективности рабочего процесса и других условий.

Рабочий процесс цепного агрегата с верхним подвесом маятникового рычага исследован на экспериментальной лабораторной установке [18], где выявлена его высокая технологическая эффективность при переработке влажного мела, карьерной глины и ряда других материалов. Установлены основные особенности рабочего процесса, заключающиеся в создании сложного объемного нагружения перерабатываемого материала, инерционного удаления целевой фракции через зазоры между звеньями цепи, образовании большого фронта рабочей поверхности, возможности работать под завалом и наличии хорошо разрыхляемой структуры, что позволяет в ряде технологий совмещать процесс измельчения и удаления влаги путем продувки рабочей камеры холодным и горячим газовым агентом.

Научный эксперимент, осуществленный в данной работе, был проведен на глине влажностью 18 %; варьируемые параметры — частота и амплитуда колебаний толкателя. Потребляемая мощность привода составляет 0,4 кВт.

Из графических зависимостей (рисунок 4) видно, что с ростом частоты и амплитуды колебаний толкателя производительность возрастает до определенного предела.



1 — амплитуда 50 мм; 2 — амплитуда 90 мм; 3 — амплитуда 120 мм

Рисунок 4. — Зависимость производительности от частоты колебаний толкателя

Наибольший прирост производительности находится в пределах частоты колебаний толкателя от 4,0 до 7,5 с^{-1} , дальнейшее увеличение частоты не приводит к увеличению производительности процесса, что в определенной степени является следствием зависания материала в рабочей камере (см. рисунок 4).

На основании проведенного анализа можно констатировать, что конструкция цепного агрегата с волновой рабочей камерой имеет неоспоримую новизну и характеризуется большими функциональными возможностями.

Для проведения технологических испытаний цепного агрегата в производственных условиях разработан и изготовлен опытно-промышленный образец [19]. Его общий вид приведен на рисунке 5, а конструкция выполнена с верхним подвесом маятникового рычага. В ней предусмотрено изменение частоты и амплитуды колебаний, а характер выполнения рабочего оборудования позволяет использовать его для измельчения, сортировки, камнеудаления и других процессов.

Заключение. На основе анализа конструкций существующих машин для переработки влажных сырьевых материалов предложена конструкция цепного агрегата с волновой рабочей камерой и адаптивным механизмом силового воздействия, которая по предварительным результатам проведенных технологических испытаний отвечает требованиям по первичной переработке материалов и имеет преимущества перед существующими агрегатами за счёт выполнения одновременно нескольких видов операций и возможностью работать с сырьевыми материалами повышенной влажности.



Рисунок 5. — Опытно-промышленный образец

Итоговая оценка цепных агрегатов позволяет считать, что может быть разработан принципиально новый вид технологического оборудования с дополнительными функциональными возможностями для крупнотоннажных производств первичных стадий сырьевых переделов.

В дальнейшем развитие цепных агрегатов авторами данной статьи планируется проводить по двум основным направлениям: 1) поэтапно формировать теорию рабочего процесса, которая является крайне сложной и требует особых подходов и методов; 2) активизировать экспериментальные работы для получения объективных знаний об особенностях использования нового эффективного многоцелевого оборудования в производственных условиях.

Список цитируемых источников

1. Сиваченко, Л. А. Технологическое машиностроение — инновационный резерв мировой экономики : монография / Л. А. Сиваченко, Т. Л. Сиваченко. — Могилев : Беларус.- Рос. ун-т, 2017. — 254 с.
2. Энерготехнологические проблемы дезинтеграторных технологий в промышленности строительных материалов и пути их решения / Л. А. Сиваченко [и др.] // Энергоэффективность. — 2014. — № 12. — С. 22—25.
3. Сиваченко, Л. А. Цепные технологические агрегаты многоцелевого назначения и их развитие / Л. А. Сиваченко, А. М. Ровский, И. А. Реутский // Вестн. Беларус.-Рос. ун-та. — 2016. — № 1 (50). — С. 78—86.
4. Сиваченко, Л. А. Цепные агрегаты многоцелевого назначения для переработки влажных сырьевых материалов / Л. А. Сиваченко, И. А. Реутский, А. М. Ровский // Современные технологии и методы проектирования в строительстве : сб. науч. тр. — Луцк : ЛНТУ, 2016. — Вып. 5. — С. 213—221.
5. Бауман, В. А. Механическое оборудование предприятий строительных материалов, изделий и конструкций / В. А. Бауман, Б. В. Клушанцев, В. Д. Мартынов. — М. : Машиностроение, 1981. — 324 с.
6. Сапожников, М. Я. Механическое оборудование предприятий строительных материалов, изделий и конструкций / М. Я. Сапожников. — М. : Высш. шк., 1971. — 382 с.
7. Устройство для измельчения влажных материалов : полезная модель РК № 1598 / Л. А. Сиваченко, А. М. Ровский, И. А. Реутский, У. К. Кусебаев. — Заявитель и патентообладатель : Респ. гос. предприятие на праве хоз. ведения «Евразийский национальный университет им. Л. Н. Гумилева» М-ва образования и науки Респ. Казахстан ; дата публ. : 15.08.2016. — Бюл. № 9.
8. Ровский, А. М. Измельчитель сырьевых материалов с цепным рабочим органом / А. М. Ровский // Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности : материалы Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых, Могилев, 26—27 окт. 2017 г. — Могилев : Беларус.-Рос. ун-т, 2017. — С. 140.
9. Устройство для измельчения сыпучих материалов : а. с. SU 1409326 : МПК В02С 19/16 / Л. А. Сиваченко, В. В. Моисенко, И. И. Аладьев. — Заявитель и патентообладатель : Могилев. машиностроит. ин-т ; заявл. 27.01.1986 ; дата публ. : 15.07.1988. — Бюл. № 9.
10. Гранулятор : полезная модель РК № 1657 / Л. А. Сиваченко, И. А. Реутский, А. М. Ровский, У. К. Кусебаев, Т. Л. Сиваченко. — Заявитель и патентообладатель : Респ. гос. предприятие на праве хоз. ведения «Евразийский национальный университет им. Л. Н. Гумилева» М-ва образования и науки Респ. Казахстан ; дата публ. : 15.09.2016. — Бюл. № 11.
11. Установка для селективного измельчения : полезная модель РК № 1658 / Л. А. Сиваченко, У. К. Кусебаев, И. А. Реутский, А. М. Ровский. — Заявитель и патентообладатель : Респ. гос. предприятие на праве хоз. ведения «Евразийский национальный университет им. Л. Н. Гумилева» М-ва образования и науки Респ. Казахстан ; дата публ. : 15.09.2016. — Бюл. № 11.
12. Сиваченко, Л. А. К разработке базовой конструкции цепного технологического агрегата / Л. А. Сиваченко, А. Н. Хустенко, В. А. Потапов // Энергосберегающие технологические комплексы и оборудование для производства строительных материалов : межвуз. сб. ст. — Белгород : БГТУ им. В. Г. Шухова, 2018. — С. 328—333.
13. Сиваченко, Л. А. Многофункциональный технологический агрегат с цепным рабочим оборудованием / Л. А. Сиваченко, В. А. Потапов, Т. Л. Сиваченко // Энерго- и ресурсосберегающие технологии и оборудование в дорожной и строительной отраслях : материалы Междунар. науч.-техн. конф., Белгород, 20—21 сент. 2018 г. — Белгород : БГТУ им. В. Г. Шухова, 2018. — С. 210—215.
14. Проблемы переработки влажных сырьевых материалов и пути их решения / Л. А. Сиваченко [и др.] // Инженер-механик. — 2015. — № 1. — С. 16—20.
15. Агрегат для измельчения влажных материалов : полезная модель РК № 1597 : МПК В02С 19/16 / Л. А. Сиваченко, А. М. Ровский, И. А. Реутский, У. К. Кусебаев. — Заявитель и патентообладатель : Респ. гос.

предприятие на праве хоз. ведения «Евразийский национальный университет им. Л. Н. Гумилева» М-ва образования и науки Респ. Казахстан ; дата публ. : 15.08.2016. — Бюл. № 9.

16. Устройство для измельчения сырьевых известковых пород : пат. ВУ 22037 / Л. А. Сиваченко, А. М. Ровский, И. А. Реутский ; дата публ. : 30.10.2017.

17. Измельчитель влажных материалов : пат. на изобретение РК № 32183 / Л. А. Сиваченко, С. Ж. Багитова, И. А. Реутский, А. М. Ровский. — Заявитель и патентообладатель : Респ. гос. предприятие на праве хоз. ведения «Евразийский национальный университет им. Л. Н. Гумилева» М-ва образования и науки Респ. Казахстан ; дата публ. : 30.06.2017.

18. Научно-практические основы создания иглофрезерных измельчителей многоцелевого назначения / В. С. Севостьянов [и др.] // Вестн. БГТУ им. В. Г. Шухова. — 2018. — № 3. — С. 107—116.

19. *Потапов, В. А.* Рабочее оборудование цепного агрегата для переработки сложных и неоднородных материалов / В. А. Потапов, Л. А. Сиваченко, М. С. Кузьменкова // Энерго- и ресурсосберегающие технологии и оборудование в дорожной и строительных отраслях : материалы Междунар. науч.-практ. конф. — Белгород : БГТУ им. В. Г. Шухова, 2019. — С. 174—181.

Поступила в редакцию 15.04.2020

Репозиторий БарГУ