

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 орден 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 орден 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 Анатольевіч, 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 сінусаідалных 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 матарных 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 ўгнаенняў 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 621.89.097.2

А. А. Пивоварчик¹, А. К. Гавриленя², А. И. Сергей¹

¹Учреждение образования «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы»,
Министерство образования Республики Беларусь, ул. Ожешко, 22, 230021 Гродно,
Республика Беларусь, +375 (29) 876 68 24, Pivovarchik_AA@grsu.by

²Учреждение образования «Барановичский государственный университет»,
Министерство образования Республики Беларусь, ул. Уборевича, 21, 225404 Барановичи,
Республика Беларусь, +375 (29) 222 59 33, AndrejGavrilenya@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ПОЛУСИНТЕТИЧЕСКИХ МОТОРНЫХ МАСЕЛ, ИСПОЛЪЗУЕМЫХ В ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЯХ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Целью настоящей работы является исследование возможной потери эксплуатационных свойств моторного масла в процессе эксплуатации транспортных средств, таких как плотность моторного масла при 15 °С, содержание механических примесей и воды, в целях уточнения фактических сроков замены моторного масла.

Научная новизна работы состоит в получении новых экспериментальных данных по изменению плотности моторного масла при 15 °С, содержания механических примесей и воды в полусинтетических моторных маслах марки SAE 10W40 производителей компаний ЛУКОЙЛ и Urса при изменении величины пробега транспортного средства.

Введение содержит краткую информацию по эксплуатационным показателям моторного масла, таким как плотность моторного масла при 15 °С, содержание механических примесей и воды.

В основной части работы представлены результаты исследования изменения свойств моторного масла в процессе эксплуатации транспортных средств. Показано, что содержание механических примесей в процессе эксплуатации транспортного средства у исследуемых марок масла находится в допустимом пределе при пробеге до 12 тыс. км. При пробеге транспортным средством более 16 тыс. км содержание механических примесей в исследуемых моторных маслах превышает допустимое значение. Выполненные исследования показали, что моторное масло марки АВАНГАРД УЛЬТРА SAE 10W40 обладает более высокими эксплуатационными свойствами по исследуемым показателям, чем моторное масло Urса Premium TD SAE 10W40. Замену моторных масел целесообразно проводить после 16 тыс. км пробега ввиду значительного превышения содержания механических примесей в исследуемых образцах.

Результаты исследований будут полезны инженерам-механикам при определении сроков замены моторного масла, используемого в дизельных двигателях внутреннего сгорания грузовых автобусов в целях увеличения надежности и работоспособности узлов и агрегатов двигателя.

Ключевые слова: дизельный двигатель внутреннего сгорания; механические автотранспортные средства; моторное масло; плотность; механические примеси; содержание воды в масле.

Рис. 2. Библиогр.: 14 назв.

А. А. Pivovarchyk¹, А. К. Haurylenia², А. I. Sergei¹

¹Yanka Kupala State University of Grodno, Ministry of Education of the Republic of Belarus, 22 Ozheshko St.,
230021 Grodno, the Republic of Belarus, Pivovarchik_AA@grsu.by, +375 (29) 876 68 24

²Baranovichi State University, Ministry of Education of the Republic of Belarus, 21 Voykov St.,
225404 Baranovichi, the Republic of Belarus, AndrejGavrilenya@mail.ru, +375 (29) 222 59 33

THE STUDY OF PERFORMANCE ATTRIBUTES OF SEMI-SYNTHETIC MOTOR OILS USED IN DIESEL INTERNAL COMBUSTION ENGINES

The aim of this paper is to study the possible loss of performance attributes of engine oil during the operation of vehicles such as: engine oil density at 15 °С, the content of mechanical impurities and water, in order to clarify the actual timing of engine oil change.

The scientific novelty of the work consists in obtaining new experimental data on the change in the density of engine oil at 15 °С, the content of mechanical impurities and water in semi-synthetic motor oils of the SAE 10W40 brand manufactured by LUKOIL and Urса, with an increase in vehicle mileage.

The introduction contains brief information on the performance attributes of engine oil such as, engine oil density at 15 °C, the content of mechanical impurities and water.

The main part of the article presents the results of a study of changes in the properties of motor oil in vehicle operation. It is shown that the mass fraction of mechanical impurities during the operation of the vehicle for the studied brands of oil is within the allowable limit with a mileage of up to 12 thousand km. When the vehicle has run more than 16 thousand km, the content of mechanical impurities in the engine oils under study exceeds the permissible value. Studies have shown that LUKOIL VANGUARD ULTRA SAE 10W40 motor oil possesses better performance attributes according to the studied parameters than Ursa Premium TD SAE 10W40 motor oil. It is advisable to replace the motor oil after 16 thousand km of run due to a significant excess of the content of mechanical impurities in the studied samples of motor oils.

The results of the research will be useful to mechanical engineers when determining the timing for changing the engine oil used in diesel internal combustion engines of cargo buses in order to increase the reliability and efficiency of engine components and assemblies.

Keywords: diesel internal combustion engine; motor vehicles; motor oil; density; mechanical impurities; water mass fraction in oil.

Fig. 2. Ref.: 14 titles.

Введение. К числу важнейших эксплуатационных свойств моторных масел относят плотность при 15 °C, содержание механических примесей и воды. В настоящее время требования по повышению надежности и эффективности работы техники привели к значительному ужесточению эксплуатационных характеристик топлив и смазочных масел [1; 2]. Известно [1—13], что конкретные конструкционные особенности и условия эксплуатации транспортных средств должны соответствовать определенным по составу и свойствам топливу и смазочным материалам. Неправильный выбор смазочных материалов, а также несвоевременная замена моторного масла приводят к сокращению срока службы и надежности работы транспортного средства.

Имеющаяся информация в научной литературе по срокам замены моторных масел в большинстве случаев носит противоречивый характер. Исследования, выполненные в работах [1—13], показывают, что сроки замены полусинтетических моторных масел в дизельных двигателях внутреннего сгорания различны и варьируются в пределах от 18 до 30 тыс. км пробега, а также в значительной степени зависят от вида двигателя и его технического состояния, количества присадок и условий эксплуатации транспортного средства.

Вопросами замены моторных масел по их фактическому состоянию, что является наиболее рациональным с точки зрения экономии материальных затрат на эксплуатационные материалы и поддержания работоспособности подвижного состава, занимались исследователи С. В. Корнеев, А. Г. Варакин, И. И. Ширлин, А. М. Лопоткин и др. [1—8]. Кроме того, результаты научных исследований, изложенные в работах [8—13], показывают, что систематический контроль качества работоспособности моторных масел способствует существенной экономии финансовых средств, затрачиваемых на эксплуатацию автотранспортных механических средств, за счет увеличения срока службы транспортного средства.

В процессе эксплуатации в Республике Беларусь грузовых автобусов модели MAZ 203060 замена моторного масла осуществляется в соответствии с рекомендациями, изложенными в нормативно-технической документации. Согласно ТКП 248-2010 «Техническое обслуживание и ремонт автомобильных транспортных средств. Нормы и правила проведения» замена моторного масла для грузовых автобусов проводится при выполнении технического обслуживания (ТО-2) и определяется с учетом поправочных коэффициентов, характеризующих условия работы подвижного состава (K_1) и климатические условия (K_3). При учете вышеназванных коэффициентов рекомендуемый срок замены моторного масла составляет 24 тыс. км, при этом, однако, не учитывается марка моторного масла.

Отмечается [10—13], что замена минерального масла производится после 10...15 тыс. км пробега, а синтетического моторного масла после 20...35 тыс. км пробега. Указывается [3—13], что замена моторного масла должна осуществляться после потери моторным маслом своих эксплуатационных характеристик.

Ввиду возможного снижения эксплуатационных свойств моторного масла вследствие износа рабочих частей двигателя, воздействия на масло высоких температур и давлений, а также иных факторов замену моторного масла следует производить раньше установленного срока, указанного в нормативно-технических документах.

Известно [1—9], что значение плотности моторных масел в процессе эксплуатации транспортных средств должно находиться в интервале от 830 до 880 кг/м³. Увеличение плотности свидетельствует о наличии в моторном масле механических примесей или воды и приводит к снижению долговечности двигателя. К механическим примесям относятся все твердые вещества органического и неорганического происхождения, находящиеся в моторном масле в виде осадка или во взвешенном состоянии, которые задерживаются фильтром при фильтровании самого нефтепродукта или его бензинового раствора. В процессе хранения и работы масел они засоряются твердыми примесями, попадающими извне, а также продуктами химического превращения самих масел, работающих при высокой температуре, и продуктами износа деталей. Механические примеси, находясь в масле, вызывают повышенный износ и нагрев поверхностей трения. Они способствуют образованию шлама, который может отлагаться в маслопроводах и нарушать тем самым подвод масла к узлам трения [7; 8]. Отмечается [10; 12], что оптимальное содержание механических примесей в моторном масле в процессе эксплуатации транспортного средства должно находиться в пределах от 0,015 до 0,03 %, а содержание воды не должно превышать значений 0,03...0,05 %. При значениях содержания воды выше представленных данных рекомендуется заменить масло в кратчайшие сроки.

Целью настоящей работы является исследование возможной потери эксплуатационных свойств моторного масла в процессе эксплуатации транспортных средств, таких как плотность при 15 °С, содержание механических примесей и воды, для уточнения фактических сроков замены моторного масла.

Методика проведения исследований. Исследование прошли полусинтетические моторные масла, используемые в дизельных двигателях внутреннего сгорания, АВАНГАРД УЛЬТРА SAE 10W40 (Россия) и Ursa Premium TD SAE 10W40 (Бельгия). Выбор указанных марок моторных масел обусловлен тем, что данные масла централизованно закупаются Республикой Беларусь и широко используются на автотранспортных предприятиях. Выбранные для исследований моторные масла заливали в двигатели пассажирских автобусов, курсирующих по городскому маршруту г. Лиды. В качестве подвижного состава были приняты 5 пассажирских автобусов марки МАЗ 203060, оборудованных дизельным двигателем DAIMLER AG с газотурбинным наддувом и охлаждением наддувочного воздуха. Выбор данного вида подвижного состава обусловлен тем, что эта модель автобусов занимает 2-е место по числу автобусов в Республике Беларусь (14 %), уступая лишь модели МАЗ-103; относится к модельному ряду второго поколения; является актуальной в настоящее время; обладает значительной продолжительностью эксплуатации и позиционируется как замена модели МАЗ-103 [14].

Непосредственно перед исследованиями каждый автобус прошел техническое обслуживание (ТО-2). Установлено, что двигатели в автобусах полностью исправны, проверено натяжение цепи газораспределительного механизма, отрегулированы тепловые зазоры, исправны стартер, генератор, приборы системы зажигания и питания, напряжение бортовой сети составило 12,6 В.

Проба для исследований отбиралась через каждые 2 000 км пробега до 20 000 км. Следует отметить, что после проведения экспериментов по исследованию свойств моторных масел образцы масла обратно заливали в двигатель автобуса. Доливание моторного масла в двигатель не проводили вследствие того, что перед проведением исследований масло заливали почти до максимального уровня по измерительному щупу, что, в свою очередь, позволило получать более корректные экспериментальные данные. Перед отбором пробы исследуемого образца и продолжением дальнейших исследований следили за фактическим уровнем моторного масла в двигателе. Определение плотности моторного масла при 15 °С, содержание механических примесей и воды проводили по стандартным методикам с использованием специализированного сертифицированного оборудования на базе республиканского дочернего унитарного предприятия по обеспечению нефтепродуктами «Белоруснефть-Гродноблнефтепродукт».

Результаты исследований и их обсуждение. На рисунке 1 показано изменение плотности образцов моторных масел в зависимости от пробега автотранспортного средства. Можно видеть, что плотность моторного масла марки Ursa Premium TD SAE 10W40 увеличивается с 870,3 до 880,5 кг / м³. Видно, что значение плотности повышается незначительно за отсчетный интервал пробега, соответствующий значению при исследовании 2 тыс. км. При этом плотность возрастает в среднем на 1,2 кг / м³. Полученный результат можно объяснить попаданием воды в двигатель, а также увеличением количества механических примесей в период эксплуатации автомобиля. Аналогичная ситуация наблюдается при исследовании плотности масла АВАНГАРД УЛЬТРА SAE 10W40. Плотность исследуемого образца увеличивается с 874,0 до 879,7 кг / м³ при пробеге автомобиля в 20 тыс. км. Показано, что плотность моторного масла за время исследования выросла на 5,7 кг / м³ (за каждые 2 тыс. км пробега плотность увеличивалась в среднем на 0,3 кг / м³). Наибольшее изменение значения плотности отмечено при пробеге автомобиля в первые 2 тыс. км — с 874,6 до 877,0 кг / м³, где разница между соседними контрольными интервалами измерений составила 2,4 кг / м³.

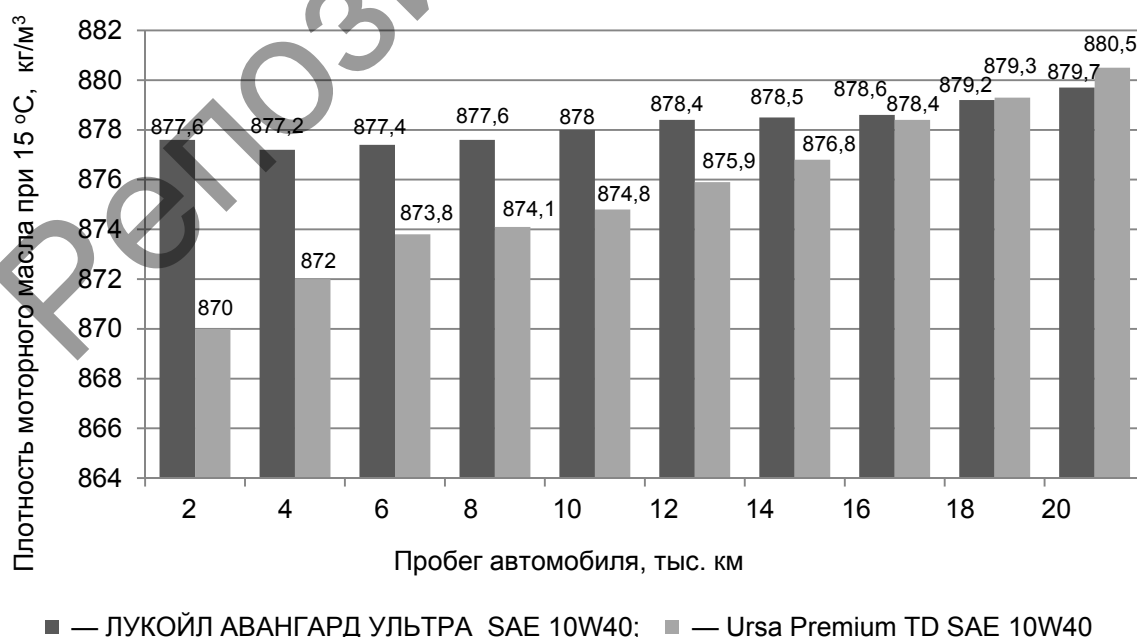


Рисунок 1. — Изменение плотности моторных масел при увеличении пробега автомобиля

Качественная картина изменения содержания механических примесей (рисунок 2) показывает, что при пробеге автомобиля до 12 тыс. км в исследуемых образцах моторного масла содержание механических примесей не превышает допустимого значения, указанного в работах [12; 13]. Следует отметить, что исследователи предъявляют более жесткие требования к содержанию механических примесей в моторных маслах: от 0,015 до 0,02 % соответственно. Видно (см. рисунок 2), что при пробеге автомобиля до 14 тыс. км в образце исследуемого масла марки Ursa Premium TD SAE 10W40 наблюдается рост содержания механических примесей от 0,01 до 0,029 %. При этом изменение содержания примесей носит в среднем линейный характер. Превышение нормативного значения содержания механических примесей для данного масла наблюдается при пробеге свыше 16 тыс. км и составляет 0,033 %. Дальнейшая эксплуатация двигателя при пробеге от 18 до 20 тыс. км способствует увеличению содержания механических примесей до 0,049 %, что, в свою очередь на 31 % превышает максимально допустимое значение исследуемого показателя (0,03 %).

Следует также отметить, что наиболее значительный рост содержания механических примесей в моторном масле марки Ursa Premium TD SAE 10W40 наблюдается при пробеге автомобиля в диапазоне от 14 до 16 тыс. км и составляет 0,009 %, что в среднем в 2,0...4,5 раза выше, чем значения при последующих интервалах пробега транспортного средства.

Анализ полученных экспериментальных результатов, показанных на рисунке 2, показывает, что увеличение содержания механических примесей наблюдается и при использовании моторного масла марки АВАНГАРД УЛЬТРА SAE 10W40, однако в сравнении с моторным маслом марки Ursa Premium TD SAE 10W40 превышение установленного максимального значения содержания механических примесей наблюдается не после 14 тыс. км, а при пробеге, равном 16 тыс. км. При этом значения содержания механических примесей при пробеге от 2 до 16 тыс. км изменяются с 0,014 до 0,033 %, а при пробеге от 16 тыс. км до 20 тыс. км — от 0,036 до 0,044 % соответственно.

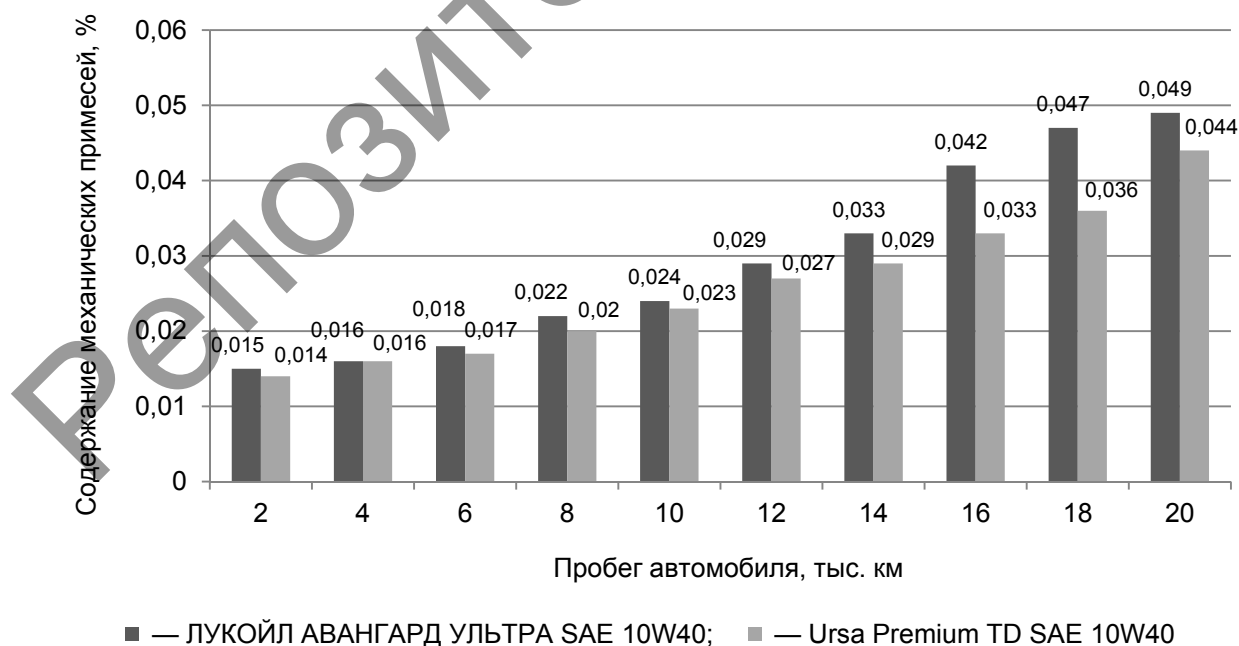


Рисунок 2. — Результаты исследований по определению количества механических примесей в образцах моторных масел ЛУКОЙЛ АВАНГАРД УЛЬТРА SAE 10W40 и Ursa Premium TD SAE 10W40

Установлено, что увеличение числа механических примесей при использовании моторного масла марки АВАНГАРД УЛЬТРА SAE 10W40 с увеличением значения пробега носит практически линейную зависимость, что свидетельствует о нормальной работе двигателя. В среднем изменение числа механических примесей при увеличении пробега на 2 тыс. км происходит на значение, равное 0,003...0,004 % до пробега, составляющего 8 тыс. км. Максимальный рост содержания механических примесей происходит в диапазоне от 18 до 20 тыс. км и составляет 0,008 %. Увеличение содержания механических примесей в моторном масле можно объяснить механическим износом цилиндропоршневой группы двигателя вследствие увеличения коэффициента трения, ввиду потери технологических свойств противоударных присадок, входящих в состав исследуемых образцов моторного масла, что коррелирует со мнением авторов работ [2; 3; 7; 11—13].

В исследуемых образцах масла марки ЛУКОЙЛ АВАНГАРД УЛЬТРА SAE 10W40 при пробеге автомобиля от 2 до 24 тыс. км выявлены, согласно методике, лишь следы воды, что свидетельствует о высоком качестве масла. Установлено, что при пробеге автомобиля до 12 тыс. км в исследуемых образцах масла марки Ursa Premium TD SAE 10W40 выявлены лишь следы воды, как и в образцах моторного масла АВАНГАРД УЛЬТРА SAE 10W40. При последующем увеличении пробега автомобиля с 14 до 24 тыс. км в образцах масла марки Ursa Premium TD SAE 10W40 наблюдается линейный рост содержания воды с 0,01 до 0,038 % (на отметке 14 тыс. км — 0,01 %, 16 тыс. км — 0,018 %, 18 тыс. км — 0,021 %, 20 тыс. км — 0,024 %, 22 тыс. км — 0,030 %, 24 тыс. км — 0,038 %).

По результатам выполненных исследований можно утверждать, что лучшими эксплуатационными свойствами, оцениваемыми по содержанию воды в масле, обладает полусинтетическое моторное масло марки АВАНГАРД УЛЬТРА SAE 10W40 в сравнении с моторным маслом марки Ursa Premium TD SAE 10W40. Причиной появления воды в моторном масле марки Ursa Premium TD SAE 10W40 может быть попадание топлива в масло, а также негерметичность охлаждающей системы двигателя внутреннего сгорания. Данная точка зрения согласуется со мнением авторов работ, изложенных в научной литературе [9; 11—13].

Заключение. В результате проведенных экспериментальных исследований установлено, что плотность изученных моторных масел при 15 °С при максимальном значении пробега (20 тыс. км) находится в рекомендуемом пределе значений. Установлено, что образующаяся массовая доля содержания механических примесей в процессе эксплуатации транспортного средства у исследуемых марок масла находится в допустимом пределе при пробеге до 12 тыс. км. При пробеге транспортным средством более 16 тыс. км содержание механических примесей в исследуемых моторных маслах превышает допустимое значение. Установлено, что содержание воды в исследуемых пробах моторных масел марок ЛУКОЙЛ АВАНГАРД УЛЬТРА SAE 10W40 и Ursa Premium TD SAE 10W40 при пробеге до 24 тыс. км соответствует требованиям, установленным нормативными техническими актами.

Таким образом, выполненные исследования показали, что моторное масло марки АВАНГАРД УЛЬТРА SAE 10W40 обладает более высокими эксплуатационными свойствами по исследуемым показателям, чем моторное масло Ursa Premium TD SAE 10W40. Замену моторных масел целесообразно проводить после 16 тыс. км пробега ввиду значительного превышения содержания механических примесей.

Список цитируемых источников

1. Корнеев, С. В. О работоспособности моторных масел / С. В. Корнеев // Двигателестроение. — 2004. — № 4. — С. 36—38.
2. Зорин, И. А. Влияние окисления базовых минеральных моторных масел на их трибологические характеристики / И. А. Зорин, С. В. Корнеев, И. В. Финагин // Ом. науч. вестн. — 2012. — № 1. — С. 330—333.

3. Изменение характеристик моторного масла при эксплуатации двигателей Cummins Автобусного парка г. Омска / С. В. Корнеев [и др.] // Вестн. Сиб. гос. автомобил.-дорож. акад. — 2017. — № 2 (54). — С. 66—69.
4. *Варакин, А. Г.* Сравнительный тест полусинтетических моторных масел / А. Г. Варакин, А. М. Лопоткин, А. Е. Хохлов // Вестн. Нижегород. гос. инженер.-экон. ун-та. — 2014. — № 10 (41). — С. 17—22.
5. Влияние диагностики моторного масла М10Г2К в двигателе внутреннего сгорания КАМАЗ-740 автомобиля КАМАЗ на циклы его поставки в границах технического обеспечения / К. Н. Чечулин [и др.] // Изв. Тул. гос. ун-та. — 2018. — Вып. 8. — С. 79—93.
6. *Долгова, Л. А.* Обеспечение рационального ресурса моторного масла в двигателях / Л. А. Долгова, В. В. Салмин // Вестн. Чуваш. гос. пед. ун-та им. И. Я. Яковлева. — 2012. — № 2 (74). — С. 146—156.
7. *Корнеев, С. В.* Изменение характеристик моторных масел в газопоршневых двигателях большой мощности / С. В. Корнеев // Вестн. Сиб. гос. автомобил.-дорож. акад. — 2017. — Вып. 4—5 (56—57). — С. 37—41.
8. *Корнеев, С. В.* Оценка достоверности прогнозирования периодичности смены моторного масла в двигателях / С. В. Корнеев, А. П. Серков // Ом. науч. вестн. — 2014. — № 1. — С. 62—65.
9. *Пивоварчик, А. А.* Исследование температурно-вязкостных показателей полусинтетических моторных масел, используемых в дизельных двигателях механических транспортных средств / А. А. Пивоварчик, А. И. Сергей // Весн. ГрДУ імя Янкі Купалы. Сер. 6 : Тэхніка. — 2019. — Т. 9, № 1. — С. 78—87.
10. Влияние условий эксплуатации автомобилей на ресурс работы моторного масла / И. И. Ширлин [и др.] // Вестн. Сиб. гос. автомобил.-дорож. акад. — 2013. — Вып. 4 (32). — С. 42—45.
11. *Доблер, В. И.* Повышение эксплуатационной надежности двигателей дорожных и строительных машин трибологическим контролем состояния и активацией моторных масел : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.05.04 / В. И. Доблер ; Том. политехн. ун-т. — Томск, 2005. — 23 с.
12. *Дашивец, Г. И.* Обоснование периодичности замены моторных масел при эксплуатации тракторных двигателей : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.20.03 / Г. И. Дашивец ; ЦНИИ механизации и электрификации сел. хоз-ва нечернозем. зоны СССР. — Минск, 1990. — 15 с.
13. *Чудиновских, А. Л.* Разработка научных основ химмотологической оценки автомобильных моторных масел : автореф. дис. ... д-ра техн. наук : 05.17.07 / А. Л. Чудиновских ; Рос. гос. ун-т нефти и газа (нац. исслед. ун-т) им. И. М. Губкина. — М., 2016. — 50 с.
14. *Иванис, П. В.* Анализ модельного состава автобусов МАЗ, эксплуатируемых автобусными парками г. Минска / П. В. Иванис, Е. Л. Савич, А. В. Гаравский // Совершенствование организации дорожного движения и перевозок пассажиров и грузов. Безопасность дорожного движения : сб. науч. тр. / Белорус. нац. техн. ун-т. — Минск : БНТУ, 2016. — С. 437—441.

Поступила в редакцию 10.04.2020