

## ТРАКТОРЫ И СЕЛЬХОЗМАШИНЫ Научно-практический журнал

Выходит с 1930 года



# ТРАКТОРЫ И СЕЛЬХОЗМАШИНЫ

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Ведущий журнал отрасли тракторного и с.-х. машиностроения, публикующий объективную и всеобъемлющую информацию на самые актуальные темы:

- создание новых машин и оборудования для агропромышленного комплекса;
- проблемы регионального сельхозмашиностроения;
- эффективные отечественные и зарубежные технологии;
- рынок сельскохозяйственной техники;
- новости агросервиса;
- результаты испытания машин;
- фактический данные по качеству и надежности с.-х. техники;
- советы механизаторам;
- предложения зарубежных фирм

Тракторы и сельхозмашины. №1. 2021

Научное и техническое редактирование:

к.т.н., проф. А.В. Лепёшкин

Редактор: А.В. Куркова

Компьютерная верстка: Ю.С. Акульшина

Дизайн обложки: М.С. Кузьменко

Фотография на обложке взята из открытых источников

Подписано в печать **25.03.2021** Формат 60x90/8

Усл. печ. л.11,5 . Тираж 500 экз. Заказ №16

Отпечатано в типографии Издательства

Московского Политеха

Адрес издательства: 115280, г. Москва, ул. Автозаводская, 16

Сайт: [www.mospolytech.ru](http://www.mospolytech.ru)

E-mail: [izdat.mospolytech@yandex.ru](mailto:izdat.mospolytech@yandex.ru)

№ 01 • 2021



[WWW.MOSPOLYTECH.RU](http://WWW.MOSPOLYTECH.RU)



ВЕДУЩИЙ ЖУРНАЛ ОТРАСЛИ ТРАКТОРНОГО  
И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ

ISSN 0321-4443



9 770321 444005

DOI: 10.31992/0321-4443-2021-1

[WWW.MOSPOLYTECH.RU](http://WWW.MOSPOLYTECH.RU)



# ТРАКТОРЫ И СЕЛЬХОЗМАШИНЫ

## TRACTORS AND AGRICULTURAL MACHINERY

---

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

---

Издается с февраля 1930 г.

# 1•2021

Выходит 6 раз в год

ISSN 0321-4443

DOI: 10.31992/0321-4443-2021-1

### Учредитель

- Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский политехнический университет»

---

Зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций 14.04.2017  
ПИ № ФС77-69443

---

Журнал входит в перечень ВАК РФ изданий для публикации трудов соискателей ученых степеней, а также в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)

### Издатель

Московский Политех

Адрес издательства:

115280, Москва, Автозаводская, 16  
Тел. (495) 276-33-67  
E-mail: [izdat.mospolytech@yandex.ru](mailto:izdat.mospolytech@yandex.ru)  
Сайт: [www.mospolytech.ru](http://www.mospolytech.ru)

---

Журнал распространяется по подписке, которую можно оформить в любом почтовом отделении по каталогу «Пресса России» – индекс 27863, а также в агентствах: «Информнаука», тел. (495) 787-38-73, [gladkih@viniti.ru](mailto:gladkih@viniti.ru); «Урал-Пресс», тел. (495) 789-86-36, [e\\_timoshenkova@ural-press.ru](mailto:e_timoshenkova@ural-press.ru); «МК-Периодика», тел. (495) 672-70-89, [chernous@periodicals.ru](mailto:chernous@periodicals.ru)

---

Перепечатка материалов из журнала возможна при обязательном письменном согласии редакции.  
При перепечатке ссылка на журнал «Тракторы и сельхозмашины» обязательна.

За содержание рекламных материалов ответственность несет рекламодатель.

За приводимые в статьях факты, точность расчетов и экспериментальных данных, а также за точность цитирования и ссылок на источники ответственность несут авторы.

## ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

**КАМИНСКИЙ Валерий Наумович** – профессор, доктор технических наук; профессор Московского политехнического университета, член Экспертного совета ветеранов (старейшин) отрасли поршневого двигателестроения России; заслуженный работник промышленности Московской области (Москва, Россия)

## ОТВЕТСТВЕННЫЙ РЕДАКТОР

**ЛЕПЁШКИН Александр Владимирович** – профессор, кандидат технических наук; профессор Московского политехнического университета, доцент Московского государственного технического университета имени Н.Э. Баумана (Москва, Россия)

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

**БАХМУТОВ Сергей Васильевич** – профессор, доктор технических наук; заместитель генерального директора по научной работе Государственного научного центра РФ «Центральный научно-исследовательский автомобильный и автомоторный институт „НАМИ“» (Москва, Россия)

**ГОДЖАЕВ Захид Адыгезалович** – член-корреспондент РАН, профессор, доктор технических наук; заместитель директора по инновационной и внедренческой деятельности Федерального научного агроинженерного центра ВИМ (Москва, Россия)

**ГОРОДЕЦКИЙ Константин Исаакович** – профессор, доктор технических наук; профессор Московского политехнического университета; заслуженный машиностроитель РФ (Москва, Россия)

**ДЕВЯНИН Сергей Николаевич** – профессор, доктор технических наук; профессор Российского государственного аграрного университета – МСХА (Московская сельскохозяйственная академия) имени К.А. Тимирязева (Москва, Россия)

**ЕРОХИН Михаил Никитьевич** – академик РАН, доктор технических наук; профессор Российского государственного аграрного университета – МСХА (Московская сельскохозяйственная академия) имени К.А. Тимирязева (Москва, Россия)

**ЖАЛНИН Эдуард Викторович** – профессор, доктор технических наук; заведующий отделом Федерального научного агроинженерного центра ВИМ; заслуженный деятель науки РФ (Москва, Россия)

**ИЗМАЙЛОВ Андрей Юрьевич** – академик РАН, доктор технических наук; директор Федерального научного агроинженерного центра ВИМ (Москва, Россия)

**КОВАЛЁВ Михаил Михайлович** – доктор технических наук; научный руководитель Федерального научного центра лубяных культур; заслуженный изобретатель РФ (Тверь, Россия)

**КОТИЕВ Георгий Олегович** – профессор, доктор технических наук; заведующий кафедрой Московского государственного технического университета имени Н.Э. Баумана; заслуженный деятель науки РФ (Москва, Россия)

**КУТЬКОВ Геннадий Михайлович** – профессор, доктор технических наук; профессор Российского государственного аграрного университета – МСХА (Московская сельскохозяйственная академия) имени К.А. Тимирязева; заслуженный деятель науки и техники РФ (Москва, Россия)

**ЛАЧУГА Юрий Фёдорович** – академик РАН, доктор технических наук; академик-секретарь Отделения сельскохозяйственных наук РАН, председатель Экспертного совета Отделения сельскохозяйственных наук РАН (Москва, Россия)

**ЛОБАЧЕВСКИЙ Яков Петрович** – академик РАН, доктор технических наук; первый заместитель директора Федерального научного агроинженерного центра ВИМ (Москва, Россия)

**ЛЯШЕНКО Михаил Вольфредович** – профессор, доктор технических наук; заведующий кафедрой Волгоградского государственного технического университета (Волгоград, Россия)

**МАРЧЕНКО Андрей Петрович** – профессор, доктор технических наук; проректор по научной работе НТУ ХПИ (Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»), заместитель главы Совета проректоров по научной работе ВУЗов Украины, академик Академии высшей школы Украины, член-корреспондент Инженерной академии Украины (Харьков, Украина)

**НАТРИАШВИЛИ Тамаз Мамиевич** – академик Национальной академии наук Грузии, профессор, доктор технических наук; директор Института механики машин им. Р. Двали (ИММ); лауреат Национальной премии Грузии в области науки (Тбилиси, Грузия)

**ПРЕДИГЕР Виктор** – профессор, доктор технических наук; профессор Университета прикладных наук (Оснабрюк, Германия)

**СКВОРЦОВ Аркадий Алексеевич** – профессор, доктор физико-математических наук; проректор по исследованиям и разработкам Московского политехнического университета (Москва, Россия)

**СОЛОВЬЁВ Рудольф Юрьевич** – доцент, кандидат технических наук; директор Центра сельскохозяйственного машиностроения Государственного научного центра РФ «Центральный научно-исследовательский автомобильный и автомоторный институт „НАМИ“» (Москва, Россия)

**СТАСИЛЕВИЧ Андрей Георгиевич** – генеральный конструктор ОАО «МТЗ» (Минский тракторный завод) (Минск, Беларусь)

**ФОМИН Валерий Михайлович** – профессор, доктор технических наук; профессор Московского политехнического университета, член Экспертного совета ветеранов (старейшин) отрасли поршневого двигателестроения России (Москва, Россия)

**ФУКС Кристиан** – доктор технических наук; менеджер проекта по системам больших двигателей международной инженеринговой компании AVL List (Anstalt für Verbrennungskraftmaschinen List – «Институт двигателей внутреннего сгорания „Лист“») (Грац, Австрия)

**ШУМАН Олаф** – генеральный директор ООО «ФЭВ Рус» международной инженеринговой компании FEV (Forschungsgesellschaft für Energietechnik und Verbrennungsmotoren – «Исследовательская компания по силовым агрегатам и двигателям внутреннего сгорания») (Аахен, Германия)

## EDITOR-IN-CHIEF

**Valery N. KAMINSKY** – Professor, DSc in Engineering; Professor of Moscow Polytechnic University, Member of the Veterans (Elders) Expert Council of the Russian Piston Engine Industry; Honorary Worker of Industry of the Moscow Region (Moscow, Russia)

## EXECUTIVE EDITOR

**Alexander V. LEPESHKIN** – Professor, PhD in Engineering; Professor of Moscow Polytechnic University, Associate Professor of Bauman Moscow State Technical University (Moscow, Russia)

## EDITORIAL BOARD MEMBERS

**Sergey V. BAKHMUTOV** – Professor, DSc in Engineering; Professor, Deputy CEO for Research of the State Research Center of the Russian Federation NAMI (Moscow, Russia)

**Zakhid A. GODZHAEV** – Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Professor, DSc in Engineering; Deputy Director for Innovation and Implementation Activities of the Federal Scientific Agroengineering Center VIM (Moscow, Russia)

**Konstantin I. GORODETSKIY** – Professor, DSc in Engineering; Professor of Moscow Polytechnic University; Honorary Mechanical Engineer of the Russian Federation (Moscow, Russia)

**Sergey N. DEVYANIN** – Professor, DSc in Engineering; Professor of Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (Moscow, Russia)

**Mikhail N. YEROKHIN** – Full Member of the Russian Academy of Sciences, DSc in Engineering; Professor of Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (Moscow, Russia)

**Eduard V. ZHALNIN** – Professor, DSc in Engineering; Head of the Department of the Federal Scientific Agroengineering Center VIM; Honorary Scientist of the Russian Federation (Moscow, Russia)

**Andrey Yu. IZMAYLOV** – Full Member of the Russian Academy of Sciences, DSc in Engineering; Director of the Federal Scientific Agroengineering Center VIM (Moscow, Russia)

**Mikhail M. KOVALEV** – DSc in Engineering; Research Advisor of the Federal Scientific Center for Bast Crops; Honorary Inventor of the Russian Federation (Tver, Russia)

**George O. KOTIEV** – Professor, DSc in Engineering; Head of the Department of Bauman Moscow State Technical University; Honorary Scientist of the Russian Federation (Moscow, Russia)

**Gennadiy M. KUTKOV** – Professor, DSc in Engineering; Professor of Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; Honorary Scientist of the Russian Federation (Moscow, Russia)

**Yury F. LACHUGA** – Full Member of the Russian Academy of Sciences, DSc in Engineering; Academician-Secretary of the Department of Agricultural Sciences of the Russian Academy of Sciences, Chairman of the Expert Council of the Department of Agricultural Sciences of the Russian Academy of Sciences (Moscow, Russia)

**Yakov P. LOBACHEVSKIY** – Full Member of the Russian Academy of Sciences, DSc in Engineering; First Deputy Director of the Federal Scientific Agroengineering Center VIM (Moscow, Russia)

**Mikhail V. LYASHENKO** – Professor, DSc in Engineering; Head of the Department of Volgograd State Technical University (Volgograd, Russia)

**Andriy P. MARCHENKO** – Professor, DSc in Engineering; Vice-Rector for Scientific-and-Research Work of National Technical University Kharkiv Polytechnic Institute; Deputy Head of the Council of Vice-Rectors for Scientific and Research Work of Universities of Ukraine, Full Member of the Academy of Higher School of Ukraine, Corresponding Member of the Engineering Academy of Ukraine (Kharkiv, Ukraine)

**Tamaz M. NATRIASHVILI** – Full Member of the Georgian National Academy of Sciences, Professor, DSc in Engineering; Director of Rafiel Dvali Institute of Machine Mechanics (IMM); Laureate of the Georgian National Prize in Science (Tbilisi, Georgia)

**Viktor PREDIGER** – Professor, DSc in Engineering (Dr.-Ing.); Professor of Osnabrück University of Applied Sciences (Osnabrück, Germany)

**Arkadiy A. SKVORTSOV** – Professor, DSc in Physics and Mathematics; Vice-President for Research and Development of Moscow Polytechnic University (Moscow, Russia)

**Rudolf Yu. SOLOVYEV** – Associate Professor, PhD in Engineering; Director of the Center for Agricultural Engineering at the State Research Center of the Russian Federation NAMI (Moscow, Russia)

**Andrey G. STASILEVICH** – General Designer of Minsk Tractor Works (Minsk, Belarus)

**Valeriy M. FOMIN** – Professor, DSc in Engineering; Professor of Moscow Polytechnic University; Member of the Veterans (Elders) Expert Council of the Russian Piston Engine Industry (Moscow, Russia)

**Christian FUCHS** – DSc in Engineering; Project Manager for Large Engine Systems, International Engineering Company AVL List (Anstalt für Verbrennungskraftmaschinen List) (Graz, Austria)

**Olaf SCHUMANN** – CEO of LLC FEV Rus, International Engineering Company FEV (Forschungsgesellschaft für Energietechnik und Verbrennungsmotoren) (Aachen, Germany)

Колонка главного редактора	Editor-in-Chief's Column	5
<b>СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ</b>		
<b>PAGES OF HISTORY</b>		
<b>Троицкий Н.И.</b> Роль Научно-исследовательского института двигателей (НИИД) в развитии специальных транспортных двигателей	<b>Troitskiy N.I.</b> Role of the Research Institute of Engines (NIID) in the development of special transport engines	6
<b>ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ</b>		
<b>ENVIRONMENTALLY CLEAN TECHNOLOGIES AND EQUIPMENT</b>		
<b>Плотников С.А., Бузиков Ш.В., Козлов И.С.</b> Определение оптимального состава смешанного топлива по экологическим показателям дизеля	<b>Plotnikov S.A., Buzikov SH.V., Kozlov I.S.</b> Determination of the optimal composition of mixed fuel based on the environmental performance of a diesel engine	14
<b>НОВЫЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ</b>		
<b>NEW MACHINES AND EQUIPMENT</b>		
<b>Герашенко В.В., Лобак В.П., Коваленко Н.А., Рогожин В.Д.</b> Цифровое устройство бортового диагностирования сцепления	<b>Gerashchenko V.V., Lobakh V.P., Kovalenko N.A., Rogozhin V.D.</b> Digital on-board clutch tester	23
<b>Сиротин П.В.</b> Синтез системы инерционной динамической стабилизации с управлением по набору параметров, измеряемых на борту самоходной машины	<b>Sirotin P.V.</b> Synthesis of a system of inertial dynamic stabilization with control according to a set of parameters measured on board a self-propelled vehicle	29
<b>ТЕОРИЯ, КОНСТРУИРОВАНИЕ, ИСПЫТАНИЯ</b>		
<b>THEORY, DESIGN, TESTING</b>		
<b>Липкань А.В., Панасюк А.Н., Годжаев З.А., Лавров А.В., Русанов А.В., Казакова В.А.</b> Оценка способов экспериментально-аналитического определения контурной площади пятна контакта пневмошины с опорным основанием	<b>Lipkan' A.V., Panasyuk A.N., Godzhayev Z.A., Lavrov A.V., Rusanov A.V., Kazakova V.A.</b> Evaluation of methods for experimental and analytical determination of the contour area of the contact patch of a pneumatic tire with a support base	40
<b>Иванов Н.А., Отмахов Д.В., Захарычев С.П., Казанников О.В.</b> Разработка конструкции системы охлаждения ДВС с функцией предпускового разогрева	<b>Ivanov N.A., Otmakhov D.V., Zakharychev S.P., Kazannikov O.V.</b> Development of the design of an internal combustion engine cooling system with a pre-starting heating function	51
<b>КАЧЕСТВО, НАДЕЖНОСТЬ</b>		
<b>QUALITY, RELIABILITY</b>		
<b>Крокхта Г.М., Крум В.А., Усатых Н.А., Хомченко Е.Н.</b> Особенности работы моторных масел в объединенной системе смазки «двигатель – коробка передач»	<b>Krokhta G.M., Krum V.A., Usatykh N.A., Khomchenko YE.N.</b> Features of the operation of engine oils in a combined lubrication system "engine – gearbox"	57
<b>Аль-Джумаили Абдулсатар Х Шихан, Серебряков В.В.</b> Анализ эффективности и возможности создания вспомогательной тормозной системы автомобиля с электронным управлением по патенту на полезную модель № 153247	<b>Al-Jumaili Abdulsatar KH Shihan, Serebryakov V.V.</b> Analysis of the effectiveness and the possibility of creating an auxiliary braking system for an electronically controlled vehicle of the utility patent No. 153247	64
<b>ЭКОНОМИКА, ОРГАНИЗАЦИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА</b>		
<b>ECONOMICS, ORGANIZATION AND TECHNOLOGY OF MANUFACTURING</b>		
<b>Галимов Р.Р., Максимович К.Ю., Тихоновский В.В., Войнаш С.А.</b> Оценка эффективности транспортного обслуживания кормоуборочных комбайнов при уборке кукурузы на силос в условиях Новосибирской области	<b>Galimov R.R., Maksimovich K.YU., Tikhonovskiy V.V., Voynash S.A.</b> Evaluation of the efficiency of transport services for forage harvesters when harvesting maize for silage in Novosibirsk region	73
<b>Купреенко А.И., Исаев Х.М., Исаев С.Х.</b> Снижение энергоемкости сушилки аэродинамического нагрева	<b>Kupreyenko A.I., Isayev KH.M., Isayev S.KH.</b> Reducing the energy consumption of the aerodynamic heating dryer	81
<b>Ожерельев В.Н.</b> Энергоемкость измельчения отплодоносивших стеблей малины	<b>Ozherel'yev V.N.</b> Energy intensity of chopping fructified raspberry stems	88

*Дорогие друзья!*

В 2021 году, как было анонсировано в заключительном номере за прошлый год, мы восстанавливаем рубрику, посвященную истории журнала и отрасли, отечественной промышленности и науки нашей великой страны, а также выдающимся личностям, которые олицетворяют эту историю.

В качестве первой публикации в разделе «Страницы истории» предлагается статья известного отечественного ученого и организатора науки Николая Ивановича Троицкого, генерального директора Научно-исследовательского института двигателей с 1991 по 2011 год. Знаменательно, что НИИД, как и наш журнал, ведет свою историю с 1930 года. Вспомните знаменитые строки: «Мы рождены, чтоб сказку сделать былью, // Преодолеть пространство и простор, // Нам разум дал стальные руки-крылья, // А вместо сердца – пламенный мотор...» НИИД – это история создания отечественных двигателей специального назначения, «сердца» многих военных машин, как танков, так и бронетранспортеров и боевых машин десанта.

Читатели нашего журнала прекрасно осведомлены о тесной связи, которая существовала в предвоенные, военные (1941–1945) и послевоенные годы между тракторостроением и оборонной промышленностью. И мы расскажем о том, как тракторные гиганты в Челябинске, Волгограде (Сталинграде) и другие предприятия разрабатывали и выпускали, помимо сельхозмашин, технику для защиты нашей Родины.

*В.Н. Каминский,  
д.т.н., профессор, главный редактор  
журнала «Тракторы и сельхозмашины»*

*Dear friends!*

In 2021, as it was announced in the last year final issue, we are restoring a section dedicated to the history of the journal and industry, domestic industry and science of our great country, as well as outstanding personalities, who create this history.

A paper of the famous Russian scientist and organizer of science Nikolai I. Troitskiy, who was General Director of the Research Institute of Engines from 1991 to 2011, is proposed as the first publication in the Pages of History section. It is significant that NIID, same as our journal, traces its history back to 1930. Remember the famous lines: “We were born to make a fairy tale come true, to overcome space and spaciousness. The mind gave us steel arms-wings, and instead of a heart – a fiery motor ...” NIID is the story of the creation of domestic special-purpose engines, the “heart” of many military vehicles, both tanks and armored personnel carriers and airborne combat vehicles.

The readers of our journal are well aware of the close connection that existed in the pre-war, military (1941–1945) and post-war years between tractor construction and the defense industry. We are going to tell you about how the tractor giants in Chelyabinsk, Volgograd (Stalingrad) and other enterprises developed and produced, in addition to agricultural machinery, the equipment to protect our Motherland.

*Valery N. Kaminskiy,  
DSc in Engineering,  
Editor-in-Chief of the Tractors and Agricultural Machinery journal*

РЕФЕРАТЫ СТАТЕЙ,  
ОПУБЛИКОВАННЫХ В ДАННОМ НОМЕРЕ ЖУРНАЛА  
ABSTRACTS OF THE PAPERS

СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ  
PAGES OF HISTORY

DOI: 10.31992/0321-4443-2021-1-6-13

***Роль Научно-исследовательского института двигателей (НИИД) в развитии специальных транспортных двигателей***

***Role of the Research Institute of Engines (NIID) in the development of special transport engines***

к.т.н. Троицкий Н.И.

*МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия,  
с 1991 по 2011 г. генеральный директор  
НИИД  
niktro17@rambler.ru*

N.I. Troitskiy, PhD in Engineering

*Bauman Moscow State Technical University,  
Moscow, Russia  
from 1991 to 2011 General Director of NIID  
niktro17@rambler.ru*

Рассмотрена история создания и развития головного института Минобороны СССР по двигателям – Научно-исследовательского института двигателей (в настоящее время АО «НИИД»). С участием института проходила разработка и совершенствование практически всех послевоенных двигателей для бронетанковой техники – семейства 5ТД (6ТД), В2, 2В, УТД, ГТД-1000Т и его модификаций. Исследования и разработки института обеспечивали оказание всесторонней технической помощи заводам отрасли и создание опережающего научно-технического задела.

***Ключевые слова:*** НИИД, история создания, двигатели для бронетанковой техники, научно-технический задел

The history of the creation and development of the head institute of the Ministry of Defense Industry of the USSR for engines - the Research Institute of Engines (nowadays JSC “NIID”) is considered. Institute participated in the development and improvement of almost all post-war engines for armored vehicles: the 5TD (6TD), V2, 2V, UTD, GTD-1000T families and its modifications. Research and development of the institute ensured the provision of comprehensive technical assistance to the factories of the industry and the creation of an advanced scientific and technical reserve.

***Keywords:*** NIID, history of the creation, engines for armored vehicles, scientific and technical reserve.

***Для цитирования:*** Троицкий Н.И. Роль Научно-исследовательского института двигателей (НИИД) в развитии специальных транспортных двигателей // *Тракторы и сельхозмашины*. 2021. № 1. С. 6–13. DOI: 10.31992/0321-4443-2021-1-6-13

***Cite as:*** N.I. Troitskiy Role of the Research Institute of Engines (NIID) in the development of special transport engines. *Traktory i sel'khoz mashiny*. 2021. No 1, pp. 6–13 (in Russ.). DOI: 10.31992/0321-4443-2021-1-6-13

**ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ**  
**ENVIRONMENTALLY CLEAN TECHNOLOGIES AND EQUIPMENT**

DOI: 10.31992/0321-4443-2021-1-14-22

***Определение оптимального состава смешанного топлива по экологическим показателям дизеля***

***Determination of the optimal composition of mixed fuel based on the environmental performance of a diesel engine***

Д.Т.Н. Плотников С.А.,  
 К.Т.Н. Бузиков Ш.В.,  
 Козлов И.С.

S.A. Plotnikov, DSc in Engineering  
 Sh.V. Buzikov, PhD in Engineering  
 I.S. Kozlov

*Вятский государственный университет,  
 Киров, Россия  
 shamilvb@mail.ru*

*Vyatka State University, Kirov, Russia  
 shamilvb@mail.ru*

Применение в тракторных двигателях и другой сельскохозяйственной техники рапсового масла (РМ) в чистом виде или смеси РМ с дизельным топливом (ДТ) накладывает ряд ограничений, связанных с некоторым различием физико-химических свойств. Поэтому наиболее перспективным является использование смешанного топлива (СТ) состоящего из ДТ и РМ. Целью настоящих исследований является определение оптимального состава СТ, состоящего из ДТ и РМ путём оптимизации аппроксимированных зависимостей экологических показателей дизеля. Для решения поставленной задачи проведены стендовые испытания работы дизеля Д-245.5С, размерностью 4ЧН 11,0/12,5. В качестве определяемых экологических показателей работы дизеля выбраны: сажа ( $C$ ), оксиды азота ( $NO_x$ ), несгоревшие углеводороды ( $C_xH_y$ ), диоксид углерода ( $CO_2$ ) и монооксид углерода ( $CO$ ). Исследования проведены на различных составах СТ состоящих из 80% ДТ и 20% РМ, 55% ДТ и 45% РМ, 20% ДТ и 80% РМ по массе соответственно. В результате проведенных стендовых испытаний получены две нагрузочные характеристики, одна из которых при частоте вращения  $n = 1400 \text{ мин}^{-1}$  соответствующей значению максимального крутящего момента, а вторая при частоте вращения  $n = 1800 \text{ мин}^{-1}$  соответствующей значению номинальной мощности, а также внешняя скоростная характеристика тракторного дизеля Д-245.5С, размерностью 4ЧН 11,0/12,5. Анализ полученных экспериментальных данных выявил зависимости экологических показателей от частоты вращения коленчатого вала дизеля, среднего эффективного давления и добавки РМ в СТ по массе. При помощи метода наименьших квадратов определены аппроксимированные математические зависимости экологических показателей дизеля. Анализ полученных зависимостей, показал, что: при увеличении частоты вращения коленчатого вала  $n$ , доли РМ в СТ и снижении среднего эффективного давления  $p_e$  приводит к снижению сажи  $C$  до 4,0 %, оксидов азота  $NO_x$  до 100,0 ppm, несгоревших углеводородов  $C_xH_y$  до 1,0 ppm, диоксида углерода,  $CO_2$  до 2%, и увеличению монооксида углерода  $CO$  до 0,16 %. В результате решения полученной системы уравнений аппроксимированных зависимостей экологических показателей определили оптимальную добавку РМ в СТ до 35 % по массе.

**Ключевые слова:** *смешанное топливо, экологические показатели, характеристики дизеля, аппроксимация экспериментальных данных.*

The use of rapeseed oil (RO) in tractor engines and other agricultural machinery in its pure form or a mixture of RO with diesel fuel (DF) imposes a number of limitations associated with some difference in physical and chemical properties. Therefore, the most promising is the use of mixed fuel (MF) consisting of DF and RO. The purpose of these studies is to determine the optimal composition of the MF, consisting of DF and RM by optimizing the approximated dependences of the environmental indicators of a diesel engine. To solve this problem, bench tests of the operation of the D-



245.5S diesel engine (4ChN 11.0 / 12.5) were carried out. The following determined environmental performance indicators of a diesel engine are selected: soot ( $C$ ), nitrogen oxides ( $NO_x$ ), unburned hydrocarbons ( $C_xH_y$ ), carbon dioxide ( $CO_2$ ) and carbon monoxide ( $CO$ ). The studies were carried out on various compositions of MF, consisting of 80% DF and 20% RO, 55% DF and 45% RO, 20% DF and 80% RO by weight, respectively. As a result of the bench tests, two load characteristics were obtained, the one at a speed of  $n = 1400 \text{ min}^{-1}$  corresponding to the value of the maximum torque, and the second at a speed of  $n = 1800 \text{ min}^{-1}$  corresponding to the value of the rated power, as well as the external speed characteristic of the D-245.5S tractor diesel engine (4ChN 11.0 / 12.5). The analysis of the obtained experimental data revealed the dependence of environmental indicators on the rotational speed of the diesel engine crankshaft, the average effective pressure and the addition of RO in MF by weight. Using the least squares method, the approximated mathematical dependences of the ecological indicators of a diesel engine are determined. The analysis of the obtained dependencies showed that: the increase in the crankshaft speed  $n$ , the proportion of RO in MF and a decrease in the average effective pressure  $p_e$ , leads to a decrease in soot  $C$  to 4.0%, nitrogen oxides  $NO_x$  to 100.0 ppm, unburned hydrocarbons  $C_xH_y$  to 1.0 ppm, carbon dioxide,  $CO_2$  up to 2%, and an increase in carbon monoxide  $CO$  up to 0.16%. As a result of solving the obtained system of equations for the approximated dependences of environmental indicators, the optimal addition of RO to MF of up to 35% by weight was determined.

**Keywords:** *mixed fuel, environmental performance, diesel characteristics, approximation of experimental data.*

**Для цитирования:** Плотников С.А., Бузиков Ш.В., Козлов И.С. Определение оптимального состава смесового топлива по экологическим показателям дизеля // *Тракторы и сельхозмашины*. 2021. № 1. С. 14–22. DOI: 10.31992/0321-4443-2021-1-14-22

**Cite as:** S.A. Plotnikov, SH.V. Buzikov, I.S. Kozlov Determination of the optimal composition of mixed fuel based on the environmental performance of a diesel engine. *Traktory i sel'khozmashiny*. 2021. No 1, pp. 14–22 (in Russ.). DOI: 10.31992/0321-4443-2021-1-14-22

## НОВЫЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

### NEW MACHINES AND EQUIPMENT

DOI: 10.31992/0321-4443-2021-1-23-28

#### **Цифровое устройство бортового диагностирования сцепления**

##### ***Digital on-board clutch tester***

к.т.н. Геращенко В.В.,  
к.т.н. Лобах В.П.,  
к.т.н. Коваленко Н.А.,  
к.т.н. Рогожин В.Д.

V.V. Gerashchenko, PhD in Engineering,  
V.P. Lobakh, PhD in Engineering,  
N.A. Kovalenko, PhD in Engineering,  
V.D. Rogozhin, PhD in Engineering

*Белорусско-Российский университет,  
Могилев, Беларусь, lobakhvp@mail.ru*

*Belarusian-Russian University, Mogilev,  
Belarus, lobakhvp@mail.ru*

Работа посвящена созданию бортового устройства цифрового типа для диагностирования сцепления тягово-транспортных машин (ТТМ) и позволяет с высокой точностью определять буксование сцепления при появлении в нем неисправностей.

Принцип работы устройства основан на применении цифровой техники для измерения частоты вращения (количества импульсов) в цифровом коде маховика и первичного вала коробки передач (КП).

С помощью светоизлучающих диодов высвечиваются полученные цифровые коды, отоб-

ражающие количество импульсов напряжения за одну секунду от датчиков частоты вращения маховика и шестерни первичного вала КП. Полученные цифровые коды водителем (оператором) переводят в десятичную систему счисления. Учитывая, что количество зубьев маховика больше, чем количество зубьев шестерни, производится корректирование количества импульсов от датчиков, разделив количество импульсов от маховика за один оборот на отношение количества зубьев маховика к количеству зубьев шестерни. Далее определяют разность скорректированных количества импульсов от шестерни и маховика, которую сравнивают с допустимым количеством импульсов и на основании сравнения делают заключение о техническом состоянии сцепления. При разности равной нулю или менее допустимой сцепление будет считаться исправным.

Устройство для диагностирования сцепления включает два цифровых датчика частоты вращения, каждый из которых содержит катушку индуктивности с магнитным сердечником, жестко закрепленных вблизи зубьев маховика и шестерни первичного вала коробки передач. Первая дифференцирующая цепь, с отсекающим диодом на выходе, входом подсоединена к катушке индуктивности и выполнена на первом и втором резисторах и конденсаторе. Вторая дифференцирующая цепь с отсекающим диодом на выходе выполнена на резисторе и конденсаторе и входом соединена с выходом автоколебательного мультивибратора.

Автоколебательный мультивибратор выполнен на двух логических элементах И-НЕ, двух конденсаторах, двух диодах и двух резисторах. Выход второй дифференцирующей цепи соединен со входами установки нуля шестнадцатиразрядных суммирующих электронных счетчиков. Выходы логических элементов И соединены посредством резисторов со счетными входами двух электронных счетчиков, на выходе которых формируются цифровые коды, отображающие частоты вращения маховика и шестерни первичного вала коробки передач.

Приведен пример расчета параметров элементов дифференцирующей цепи автоколебательного мультивибратора.

***Ключевые слова:** буксование, цифровой измеритель, цифровой код, топливная экономичность, дифференцирующая цепь, интегрирующая цепь, суммирующий электронный счетчик, логический элемент, сцепление, катушка индуктивности, мультивибратор.*

The work is devoted to the creation of a digital type on-board device for diagnosing the clutch of traction vehicles (TV) and allows to accurately determine the slipping of the clutch when failures appear in it.

The principle of operation of the device is based on the use of digital technology for measuring the rotational speed (number of pulses) in the digital code of the flywheel and the input shaft of the gearbox (GB).

The received digital codes are displayed with the help of light-emitting diodes, showing the number of voltage pulses per second from the flywheel speed sensors and the gearbox primary shaft gear. The received digital codes are converted by the driver (operator) into the decimal number system. Given that the number of flywheel teeth is greater than the number of gear teeth, the number of pulses from the sensors is adjusted by dividing the number of pulses from the flywheel per revolution by the ratio of the number of flywheel teeth to the number of gear teeth. Next, the difference between the corrected number of pulses from the gear and the flywheel is determined. Further it is compared with the permissible number of pulses and a conclusion about the technical condition of the clutch based on this comparison is made. If the difference is equal to zero or less, the clutch will be considered efficient.

The device for diagnosing the clutch includes two digital speed sensors, each of which contains an inductance coil with a magnetic core, rigidly fixed near the flywheel teeth and gears of the input shaft of the gearbox. The first differentiating circuit, with a cut-off diode at the output, by the input is connected to the inductor and is made on the first and second resistors and capacitor. The second differentiating circuit with a cut-off diode at the output is made on a resistor and a capacitor, and the input is connected to the output of the self-oscillating multivibrator.

The self-oscillating multivibrator is made on two NAND logical elements, two capacitors, two

diodes and two resistors. The output of the second differentiating circuit is connected to the zero-setting inputs of sixteen-bit summing electronic counters. The outputs of the AND logical elements are connected by means of resistors with the counting inputs of two electronic counters, at the output of which the digital codes are formed. The codes reflect the rotational speed of the flywheel and gears of the input shaft of the gearbox.

An example of calculating the parameters of the elements of the differentiating circuit of an auto-oscillating multivibrator is given.

**Keywords:** *slipping, digital meter, digital code, fuel efficiency, differentiating circuit, integrating circuit, summing electronic counter, logic element, clutch, inductor, multivibrator.*

**Для цитирования:** Геращенко В.В., Лобах В.П., Коваленко Н.А., Рогожин В.Д. Цифровое устройство бортового диагностирования сцепления // *Тракторы и сельхозмашины*. 2021. № 1. С. 23–28. DOI: 10.31992/0321-4443-2021-1-23-28

**Cite as:** V.V. Gerashchenko, V.P. Lobakh, N.A. Kovalenko, V.D. Rogozhin Digital on-board clutch tester. *Traktory i sel'khoz mashiny*. 2021. No 1, pp. 23–28 (in Russ.). DOI: 10.31992/0321-4443-2021-1-23-28

DOI: 10.31992/0321-4443-2021-1-29-39

### ***Синтез системы инерционной динамической стабилизации с управлением по набору параметров, измеряемых на борту самоходной машины***

#### ***Synthesis of a system of inertial dynamic stabilization with control according to a set of parameters measured on board of a self-propelled vehicle***

к.т.н. Сиротин П.В.

P.V. Sirotin, PhD in Engineering

*Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова, Новочеркасск, Россия  
spv\_61@mail.ru*

*Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Novocherkassk, Russia,  
spv\_61@mail.ru*

Работа посвящена развитию направления инерционного динамического гашения и стабилизации самоходных транспортно-технологических машин с навесным рабочим органом. Обоснована необходимость и возможность совершенствования разработанных ранее уравнений управления системой стабилизации. Приведено описание подхода для синтеза системы управления и обосновано применение интегральных критериев для формирования требований к переходным процессам системы управления. Предложена модель оптимального управления, для обеспечения информационного поля которой определен набор параметров, измеряемых на борту самоходной машины. Алгоритм работы системы управления является адаптивным, автоматически перенастраивающим усиление в системе в зависимости от изменения ее инерционных параметров. На примере кинематической схемы привода подвижностью адаптера современного кормоуборочного комбайна представлена расчетная схема для перерасчета величин требуемых стабилизирующих моментов в силу, развиваемую гидроцилиндром или другим исполнительным приводом. Приведены требования к информационному полю системы стабилизации в виде набора измеряемых параметров, диапазона их измерений, мест установки датчиков и допустимых погрешностей измерений. Предложен набор критериев эффективности и работоспособности системы стабилизации. На основе численных экспериментов подобраны значения настроечных коэффициентов системы стабилизации и построены переходные процессы изменения углов продольного наклона и продольной угловой скорости корпуса при единичном ударном нагружении машины. Показано, что предложенный подход обеспечивает асимптотическую устойчивость рассматриваемой колебательной

системы. С целью оценки работоспособности на основе имитационного моделирования построены осциллограммы изменения углов поворота адаптера и сил на штоке гидравлического цилиндра при движении комбайна с включенной системой стабилизации по грунтовой дороге и асфальтобетону с различными скоростями. Приведена оценка эффективности разработки. Сформулированы условия модернизации существующего поколения комбайнов для их оснащения предложенной системой стабилизации. Сформулированы выводы и определены направления дальнейших исследований.

**Ключевые слова:** кормоуборочный комбайн, плавность хода, стабилизация движения, эффективность, работоспособность, система управления, алгоритм, расчетная схема

The work is devoted to the development of the inertial dynamic damping and stabilization of self-propelled transport and technological machines with a mounted working body. The necessity and possibility of improving the previously developed control equations for the stabilization system is substantiated. The description of the approach for the synthesis of the control system is given and the application of integral criteria for the formation of requirements for the transient processes of the control system is substantiated. A model of optimal control is proposed. Its information area is determined by a set of parameters measured on board of the self-propelled vehicle. The algorithm of the control system is adaptive, automatically reconfiguring the gain in the system depending on the change in its inertial parameters. The kinematic diagram of the drive of the modern forage harvester adapter was taken as an example to present a design diagram for recalculating the values of the required stabilizing moments into the force developed by a hydraulic cylinder or other actuator. The requirements for the information field of the stabilization system are given in the form of a set of measured parameters, the range of their measurements, the locations of the sensors and the permissible measurement errors. A set of criteria for the effectiveness and efficiency of the stabilization system is proposed. On the basis of numerical experiments, the values of the tuning coefficients of the stabilization system were selected and the transient processes of changes in the angles of the longitudinal inclination and the longitudinal angular velocity of the body under a single shock loading of the machine were constructed. It is shown that the proposed approach provides asymptotic stability of the considered oscillatory system. In order to assess the performance on the basis of simulation modeling, oscillograms of changes in the angles of rotation of the adapter and the forces on the rod of the hydraulic cylinder when the combine moves with the stabilization system turned on on a dirt road and asphalt concrete at different speeds were constructed. The evaluation of the development efficiency is given. The conditions for the modernization of the existing generation of combines for their equipping with the proposed stabilization system are formulated. Conclusions are formulated and directions for further research are determined.

**Keywords:** forage harvester, smooth running, motion stabilization, efficiency, working capacity, control system, algorithm, design scheme.

**Для цитирования:** Сиротин П.В. Синтез системы инерционной динамической стабилизации с управлением по набору параметров, измеряемых на борту самоходной машины // *Тракторы и сельхозмашины*. 2021. № 1. С. 29–39. DOI: 10.31992/0321-4443-2021-1-29-39

**Cite as:** P.V. Sirotin Synthesis of a system of inertial dynamic stabilization with control according to a set of parameters measured on board a self-propelled vehicle. *Traktory i sel'khoz mashiny*. 2021. No 1, pp. 29–39 (in Russ.). DOI: 10.31992/0321-4443-2021-1-29-39

ТЕОРИЯ, КОНСТРУИРОВАНИЕ, ИСПЫТАНИЯ  
THEORY, DESIGN, TESTING

DOI: 10.31992/0321-4443-2021-1-40-50

**Оценка способов экспериментально-аналитического определения контурной площади пятна контакта пневмошины с опорным основанием**

**Evaluation of methods for experimental and analytical determination of the contour area of the contact patch of a pneumatic tire with a support base**

Липкань А.В.<sup>1</sup>,  
д.т.н. Панасюк А.Н.<sup>1</sup>,  
д.т.н. Годжаев З.А.<sup>2</sup>,  
к.т.н. Лавров А.В.<sup>2</sup>,  
Русанов А.В.<sup>2</sup>,  
Казакова В.А.<sup>2</sup>

A.V. Lipkan<sup>1</sup>,  
A.N. Panasyuk<sup>1</sup>, Dsc in Engineering  
Z.A. Godzhayev<sup>2</sup>, Dsc in Engineering  
A.V. Lavrov<sup>2</sup>, PhD in Engineering  
A.V. Rusanov<sup>2</sup>,  
A. Kazakova<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГБНУ «Дальневосточный научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства», г. Благовещенск, Россия,  
lav-blg@mail.ru

<sup>1</sup>Far Eastern Research Institute of Agricultural Mechanization and Electrification, Blagoveshchensk, Russia,  
lav-blg@mail.ru

<sup>2</sup>ФГБНУ Федеральный Научный Агроинженерный Центр ВИМ, г.Москва, Россия,  
fic51@mail.ru

<sup>2</sup>Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russia  
fic51@mail.ru

**Предмет исследования** Для экологической оценки мобильного энергетического средства (МЭС) представлены результаты экспериментов по оценке погрешности способов экспериментального и расчетного определения контурной площади на примере современных радиальных шин 360/70R24 мод. «Бел-89» и 18,4R34 мод. Ф-11 сельскохозяйственного трактора МТЗ-1025.2. в режимах ненормального нагружения при штатной нагрузке на шины и изменении внутришинного давления воздуха в диапазоне., рекомендуемом для полевых работ. **Цель исследования** Оценка возможности совершенствования расчетного метода определения контурной площади пятна контакта протектора шины пневматического колеса, основанного на математической модели В.Л. Бидермана. **Материалы и методы.** Оценка проведена для четырех способов определения площади пятна контакта шины: 1) непосредственно измерением площади, используя цифровую фотографию отпечатка пятна контакта шины в среде программы «Kompas-3D» V13 с определением масштабирования и погрешности метода используя квадрат из миллиметровки 100x100 мм; 2) расчетом по формуле площади эллипса, используя длину и ширину пятна контакта шины, измеренные рулеткой непосредственно по полученному отпечатку; 3) расчетом, определенные по его цифровой фотографии в среде программы «Kompas-3D» V13; 4) расчетом, определенные расчетом с использованием параметров универсальной характеристики шины (УХШ). **Результаты и обсуждение** В результате проведенных экспериментов установлено, что для современных радиальных тракторных шин, статическая деформация которых не превышает 18-22%, может с достаточной (для инженерной практики) точностью, использоваться способ теоретического определения контурной площади пятна контакта шины с использованием параметров УХШ. Полная сходимость расчетной и экспериментальной контурных площадей пятна контакта шины может обеспечиваться коэффициентом их соотношения. **Выводы** Проведенная оценка возможности использования методов расчетного определения условной контурной площади шины показала, что эти методы вполне могут быть использованы для сравнительной оценки техногенного механического воздействия движителей на почву.

**Ключевые слова:** движитель, деформация, характеристика, способ, контурная площадь, опорное основание, максимальное давление.

**Subject of study.** The results of experiments on the estimation of the error of methods of experimental and calculated determination of the contour area for the ecological assessment of a mobile energy device (MED) are presented. There was used the example of modern radial tires 360 / 70R24 of Bel-89 and 18.4R34 of F-11 agricultural tractor MTZ-1025.2. in modes of non-nominal loading at nominal load on tires and changes in tire pressure within the range recommended for field work. **The purpose of the study.** To assess the possibility of improving the computational method for determining the contour area of the contact patch of the tire tread of a pneumatic wheel based on the mathematical model of V.L. Biederman. **Materials and methods.** The assessment was carried out for four ways of determining the area of the tire contact patch: 1) directly measuring the area using a digital photograph of the tire contact patch in Kompas-3D V13 software with the determination of the scaling and method error using a square from 100x100 mm graph paper; 2) calculation by the formula of the area of an ellipse, using the length and width of the tire contact patch, measured with a tape measure directly from the obtained print; 3) by calculation, determined from the digital photograph in Kompas-3D V13 software; 4) by calculation, determined by calculation using the parameters of the universal tire characteristic (UTC). **Results and discussion.** As a result of the experiments, it was found that for modern radial tractor tires, the static deformation of which does not exceed 18-22%, the method of theoretical determination of the contour area of the tire contact patch using the UTC parameters can be applied with sufficient (for engineering practice) accuracy. Full convergence of the calculated and experimental contour areas of the tire contact patch can be provided by the coefficient of their ratio. **Conclusions.** The carried out assessment of the possibility of using methods for calculating the conditional contour area of the tire showed that these methods can be well used for a comparative assessment of the technogenic mechanical impact of propellers on the soil.

**Keywords:** propeller, deformation, characteristic, method, contour area, support base, maximum pressure.

**Для цитирования:** Липкань А.В., Панасюк А.Н., Годжаев З.А., Лавров А.В., Русанов А.В., Казакова В.А. Оценка способов экспериментально-аналитического определения контурной площади пятна контакта пневмошины с опорным основанием // *Тракторы и сельхозмашины*. 2021. № 1. С. 40–50. DOI: 10.31992/0321-4443-2021-1-40-50

**Cite as:** A.V. Lipkan', A.N. Panasyuk, Z.A. Godzhayev, A.V. Lavrov, A.V. Rusanov, V.A. Kazakova Evaluation of methods for experimental and analytical determination of the contour area of the contact patch of a pneumatic tire with a support base. *Traktory i sel'khoz mashiny*. 2021. No 1, pp. 40–50 (in Russ.). DOI: 10.31992/0321-4443-2021-1-40-50

**Разработка конструкции системы охлаждения ДВС с функцией предпускового разогрева**

**Development of the design of an internal combustion engine cooling system with a pre-starting heating function**

д.т.н. Иванов Н.А.,  
к.т.н. Отмахов Д.В.,  
к.т.н. Захарычев С.П.,  
к.т.н. Казанников О.В.

*Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск, Россия  
003290@pnu.edu.ru*

N.A. Ivanov, Dsc in Engineering  
D.V. Otmakhov, PhD in Engineering  
S.P. Zakharychev, PhD in Engineering  
O.V. Kazannikov, PhD in Engineering

*Pacific National University, Khabarovsk, Russia  
003290@pnu.edu.ru*

Главная тема статьи – разработка эффективной конструкции системы предпускового разогрева двигателя внутреннего сгорания для условий ограниченного энергоснабжения.

В Тихоокеанском государственном университете ведется работа по совершенствованию конструкции легких колесных вездеходов на пневматиках низкого давления. Опытные образцы легких колесных вездеходов используются в основном в сельском хозяйстве и для лесопромышленного производства. Существуют предпосылки для их применения на нефте- и газопромыслах, в условиях Крайнего Севера.

*Данная техника эксплуатируется круглый год, в условиях полного отсутствия энергоснабжения, хранится под открытым небом, поэтому проблема запуска холодного двигателя стоит достаточно остро, а тема создания конструкции системы предпускового разогрева ДВС в условиях ограниченного, либо полного отсутствия энергоснабжения является актуальной.*

Цель работы – разработка и исследование эффективности работы системы предпускового разогрева двигателя внутреннего сгорания с жидкостным охлаждением для условий ограниченного энергоснабжения.

Разработана собственная конструкция системы охлаждения с функцией предпускового разогрева на базе бензиновой горелки. Для оценки эффективности процесса разогрева двигателя схема была собрана на легком колесном вездеходе. Проведены экспериментальные исследования по определению закономерности изменения температуры охлаждающей жидкости двигателя в ходе предпускового разогрева при различных температурах окружающей среды.

Результаты проведенного эксперимента свидетельствуют о высокой эффективности разработанной системы на базе бензиновой горелки. Средняя скорость нагрева охлаждающей жидкости двигателя в процессе разогрева составила 2,1 – 2,8 °С в минуту, что говорит об интенсивном темпе предпускового разогрева.

**Ключевые слова:** *предпусковой разогрев двигателя, легкий колесный вездеход, система охлаждения, горелка бензиновая, теплообменник.*

The main topic of the article is the development of an effective design for a pre-starting heating system for an internal combustion engine for conditions of limited power supply. The work to improve the design of light wheeled all-terrain vehicles on low pressure pneumatics is done at Pacific National University. Prototypes of light wheeled off-road vehicles are used mainly in agriculture and for forestry production. There are prerequisites for their use in oil and gas fields in the Far North conditions.

This vehicle is operated all year round, in the absence of power supply, it is stored in the open air, so the problem of starting a cold engine is quite important, and the topic of creating a design for a pre-starting heating system for an internal combustion engine under conditions of limited or complete absence of power supply is relevant.

The purpose of the work is to develop and study the efficiency of the pre-starting heating system for an internal combustion engine with liquid cooling for conditions of limited power supply.

Our own design of the cooling system with a pre-starting heating function based on a gasoline burner was developed. To assess the efficiency of the engine warm-up process, the circuit was assembled on a light wheeled all-terrain vehicle. The experimental studies were carried out to determine the regularity of changes in the temperature of the engine coolant during pre-starting heating at different ambient temperatures.

The results of the experiment indicate the high efficiency of the developed system based on a gasoline burner. The average heating rate of the engine coolant during the warm-up process was 2.1 - 2.8 °C per minute, which indicates an intensive pace of pre-starting heating.

**Keywords:** *engine pre-starting heating, light wheeled all-terrain vehicle, cooling system, gasoline burner, heat exchanger.*

**Для цитирования:** Иванов Н.А., Отмахов Д.В., Захарычев С.П., Казанников О.В. Разработка конструкции системы охлаждения ДВС с функцией предпускового разогрева // *Тракторы и сельхозмашины*. 2021. № 1. С. 51–56. DOI: 10.31992/0321-4443-2021-1-51-56

**Cite as:** N.A. Ivanov, D.V. Otmakhov, S.P. Zakharychev, O.V. Kazannikov Development of the design of an internal combustion engine cooling system with a pre-starting heating function. *Traktory i sel'khoz mashiny*. 2021. No 1, pp. 51–56 (in Russ.). DOI: 10.31992/0321-4443-2021-1-51-56

## КАЧЕСТВО, НАДЁЖНОСТЬ QUALITY, RELIABILITY

DOI: 10.31992/0321-4443-2021-1-57-63

### ***Особенности работы моторных масел в объединенной системе смазки «двигатель-коробка передач»***

### ***Features of the operation of engine oils in a combined lubrication system “engine-gearbox”***

д.т.н. Крохта Г.М.,  
к.т.н. Крум В.А.,  
Усатых Н.А.,  
к.т.н. Хомченко Е.Н.

G.M. Krokhta, DSc in Engineering  
V.A. Krum, PhD in Engineering  
N.A. Usatykh,  
YE.N. Khomchenko, PhD in Engineering

*Новосибирский государственный аграрный  
университет, Новосибирск, Россия  
mshipo@mail.ru*

*Novosibirsk State Agricultural University,  
Novosibirsk, Russia  
mshipo@mail.ru*

Представлены результаты исследований возможности вторичного использования части теплоты, рассеиваемой системой смазки двигателя в окружающую среду. Для повышения эффективности использования бросовой теплоты предлагается контактный способ теплообмена. Исследования показали, что этот способ, не смотря на эффективность процессов тепло- и массообмена, простоту устройств для его реализации не всегда может быть применим.

При контактном способе происходит непосредственное смешение двух теплоносителей: горячего и холодного, в результате чего более чем в три раза снижается кратность циркуляции, что способствует снижению жесткости условий работы масла в системе «двигатель-КП». Горячим теплоносителем в данном случае является моторное масло работающего двигателя, а холодным – масло той же марки, находящееся в КП трактора.



Физико-химический анализ проб масел, взятых в процессе эксплуатационных испытаний тракторов, показал, что при продлении срока службы масла в объединенной системе смазки основные показатели не выходят за предельные состояния. Следует отметить незначительное превышение содержания механических примесей относительно их количества в КП серийного трактора, что намного меньше предельного значения 3%.

**Ключевые слова:** *двигатель, коробка передач, объединенная система смазки, вязкость, зольность, щелочное число, механические примеси.*

The paper presents the results of studies on the possibility of recycling part of the heat dissipated by the engine lubrication system into the environment. To increase the efficiency of using waste heat, a contact method of heat exchange is proposed. Studies showed that this method, despite the efficiency of heat and mass transfer processes, the simplicity of devices for its implementation can not always be applicable.

With the contact method, there is a direct mixing of two coolants: hot and cold, as a result of which the circulation rate is reduced by more than three times. This contributes to a decrease in the severity of the oil operating conditions in the “engine-gearbox” system. The hot coolant in this case is the engine oil of the running engine, and the cold one is the same oil located in the tractor gearbox.

Physicochemical analysis of oil samples taken during operational tests of tractors showed that when extending the service life of the oil in the integrated lubrication system, the main indicators do not go beyond the limit states. It should be noted a slight excess of the content of mechanical impurities relative to their amount in the gearbox of a serial tractor, which is much less than the limiting value of 3%.

**Keywords:** *engine, gearbox, combined lubrication system, viscosity, ash content, base number, mechanical impurities.*

**Для цитирования:** Крохта Г.М., Крум В.А., Усатых Н.А., Хомченко Е.Н. Особенности работы моторных масел в объединенной системе смазки «двигатель-коробка передач» // *Тракторы и сельхозмашины*. 2021. № 1. С. 57–63. DOI: 10.31992/0321-4443-2021-1-57-63

**Cite as:** G.M. Krokhta, V.A. Krum, N.A. Usatykh, YE.N. Khomchenko Features of the operation of engine oils in a combined lubrication system “engine-gearbox”. *Traktory i sel'khoz mashiny*. 2021. No 1, pp. 57–63 (in Russ.). DOI: 10.31992/0321-4443-2021-1-57-63

DOI: 10.31992/0321-4443-2021-1-64-72

### ***Анализ эффективности и возможности создания вспомогательной тормозной системы автомобиля с электронным управлением по патенту на п.м № 153 247***

#### ***Analysis of the effectiveness and the possibility of creating an auxiliary braking system for an electronically controlled vehicle of the utility patent No. 153 247***

Аль-Джумаили Абдулсатар Х Шихан,  
к.т.н. Серебряков В.В.

Al-Jumaili Abdulsatar KH Shihan,  
V.V.Serebryakov, PhD in Engineering

*Московский политехнический университет,  
Москва, Россия  
abdulsatar\_k@mail.ru, serebr16@mail.ru*

*Moscow Polytechnic University, Moscow,  
Russia  
abdulsatar\_k@mail.ru, serebr16@mail.ru*

В статье отмечается, что электронное управление рабочими процессами в агрегатах и системах автомобилей является одним из эффективных и современных способов улучшения их эксплуатационных параметров. Средства электроники позволяют увеличить среднюю скорость движения автомобилей, снизить расход топлива, улучшить управляемость, устойчивость, проходимость и плавность хода, повысить тормозные качества и безопасность движе-

ния, облегчить управление автомобилем.

Все современные электронные системы автомобиля – цифровые, скорость передачи данных – до 1 мегабита в секунду. Это позволяет каждый датчик использовать для нескольких систем. Размеры датчиков постепенно уменьшаются, повышается их быстродействие, надежность и точность. Одним из перспективных путей совершенствования транспортных средств является использование в качестве вспомогательной тормозной системы двигателя внутреннего сгорания с электронным управлением его тормозным моментом.

Рассмотрен патент № 153 247 на полезную модель «Вспомогательная тормозная система автомобиля с электронным управлением», проведен его анализ с использованием диаграмм фаз газораспределения. Выявлены допущенные в описании патента ошибки. При описании тактов впуска и выпуска не учтено увеличение объема цилиндра на объем коллектора из-за открытия соответствующих клапанов, а также то, что давление в выпускном тракте ограничено силой предварительного поджатия пружин выпускных тормозов двигателя. Электромагнитный клапан должен обладать быстродействием на порядок большим штатных клапанов и такой же пропускной способностью, его пружины должны иметь большое предварительное поджатие, чтобы он не открывался под действием давления в ресивере штатной тормозной системы.

Для быстрого сброса давления электромагнитный клапан должен максимально быстро открыть большое проходное сечение, преодолевая силу действующего на его тарелку высокого давления в цилиндре (7,5 МПа) плюс силу предварительного поджатия клапанных пружин. Приведены формулы для определения пропускной способности клапана, анализ которых показал, что для обеспечения заданной пропускной способности клапана при снижении времени его открытия необходимо пропорционально увеличивать высоту подъема электромагнитного клапана или средний диаметр, что не всегда возможно.

Проведенный в статье анализ показал, что эффективность предложенной системы ниже заявленной, а ее создание невозможно, поскольку не существует электромагнитного воздушного клапана удовлетворяющего предъявляемым к нему в данной конструкции требованиям.

***Ключевые слова:** автомобиль, двигатель внутреннего сгорания, тормозной момент, электронная система управления.*

The paper notes that electronic control of work processes in vehicle units and systems is one of the most effective and modern ways to improve their operational parameters. The means of electronics make it possible to increase the average speed of vehicles, reduce fuel consumption, improve controllability, stability, passability and smoothness of driving, improve braking performance and safety, and facilitate driving.

All modern vehicles electronic systems are digital, data transfer rate is up to 1 megabit per second. This allows each sensor to be used for several systems. Dimensions of sensors are gradually decreasing; their speed, reliability, and accuracy are increasing. One perspective way to improve vehicles is the use of an internal combustion engine with electronic control of its braking torque as an auxiliary braking system.

The analysis of the utility patent No. 153 247 “Auxiliary braking system of vehicle with electronic control” is considered. Its analysis using the valve timing diagrams is made. The errors made in the description of the patent were revealed. The description of the intake and exhaust strokes does not take into account the increase in the cylinder volume by the manifold volume due to the opening of the respective valves and the fact that the pressure in the exhaust tract is limited by the preloading force of the engine exhaust brake springs. The electromagnetic valve must have operation speed of an order of magnitude greater than standard valves and the same capacity; its springs must have a large pre-pressure so that it does not open under the pressure in the receiver of the regular brake system.

For fast pressure release, the electromagnetic valve must open a large flow cross-section as quickly as possible, overcoming the force of the high pressure acting on its disc in the cylinder (7.5 MPa) plus the force of pre-pressure of the valve springs. The formulas for determination of the valve throughput capacity are given. Their analysis showed that to ensure a given capacity of the

valve by reducing its opening time it is necessary to proportionally increase the height of the rise of electro-magnetic valve or the average diameter that is not always possible.

The carried out in the paper analysis showed that the efficiency of the proposed system is lower than the declared one, and its creation is impossible because there is no electromagnetic air valve satisfying the requirements for it in this design.

**Keywords:** *automobile, internal combustion engine, braking torque, electronic control system.*

**Для цитирования:** Аль-Джумаили Абдулсатар Х Шихан, Серебряков В.В. Анализ эффективности и возможности создания вспомогательной тормозной системы автомобиля с электронным управлением по патенту на пм № 153 247 // *Тракторы и сельхозмашины*. 2021. № 1. С. 64–72. DOI: 10.31992/0321-4443-2021-1-64-72

**Cite as:** Al-Jumaili Abdulsatar KH Shihan, V.V. Serebryakov Analysis of the effectiveness and the possibility of creating an auxiliary braking system for an electronically controlled vehicle of the utility patent No. 153 247. *Traktory i sel'khoz mashiny*. 2021. No 1, pp. 64–72 (in Russ.). DOI: 10.31992/0321-4443-2021-1-64-72

## ЭКОНОМИКА, ОРГАНИЗАЦИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ECONOMICS, ORGANIZATION AND TECHNOLOGY OF MANUFACTURING

DOI: 10.31992/0321-4443-2021-1-73-80

### **Оценка эффективности работы транспортного обслуживания кормоуборочных комбайнов при уборке кукурузы на силос в условиях НСО**

#### ***Evaluation of the efficiency of transport services for forage harvesters when harvesting maize for silage in Novosibirsk region***

Галимов Р.Р.<sup>1,2</sup>,  
Максимович К.Ю.<sup>1,2</sup>,  
к.т.н. Тихоновский В.В.<sup>1</sup>,  
Войнаш С.А.<sup>1</sup>

R.R. Galimov<sup>1,2</sup>,  
K.YU. Maksimovich<sup>1,2</sup>,  
V.V. Tikhonovskiy<sup>1</sup>, PhD in Engineering  
S.A. Voynash<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия

<sup>1</sup>Novosibirsk State Agricultural University, Novosibirsk, Russia

<sup>2</sup>Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН, Новосибирск, Россия

<sup>2</sup>Siberian Federal Scientific Center of Agrobiotechnology of the RAS, Novosibirsk, Russia

Rufangalimov@yandex.ru  
kiri-maksimovi@mail.ru  
tvv@nsau.edu.ru  
sergey\_voi@mail.ru

Rufangalimov@yandex.ru  
kiri-maksimovi@mail.ru  
tvv@nsau.edu.ru  
sergey\_voi@mail.ru

Выполнена оценка эффективности работы предприятия, по уборке кукурузы на силос за счет позиционирования и мониторинга транспортных средств. Проведен расчет необходимой мощности кормоуборочного комбайна для выполнения бесперебойной работы обслуживающих транспортных средств, которые отвечают за транспортировку зеленой массы. Выявлено несогласованность между отъездами загруженных транспортных средств и приездами порожних транспортных средств. Отсутствие средств позиционирования и мониторинга негативно сказывается на производительность уборочно-транспортного процесса. В результате исследований было установлено, что фактическая производительность кормоуборочного

комбайна при уборке кукурузы на силос значительно ниже, чем теоретическая производительность. Путем экспериментов было выявлено простое кормоуборочных комбайнов на поле из-за неправильной организации транспортного обслуживания. При анализе состояния парка кормоуборочных комбайнов и транспортных средств выявилось требования новых подходов в решении транспортных задач, способствующих коренному улучшению транспортного процесса при уборке силосных культур. Полученные расчеты и закономерности изменения технико-технологических параметров могут быть использованы для проектирования новых, специальных сельскохозяйственных транспортных средств, а также в уборочно-транспортном процессе для определения требуемого количества транспортных единиц, при транспортировке измельченной зеленой массы. Получены на основании экспериментальных данных закономерности изменения объема кузова транспортного средства от массы прицепа и зависимости изменения объема кузова транспортного средства от массы прицепа при транспортировках зеленой массы. На основании анализа статистических данных и производственной эксплуатации в сельскохозяйственных предприятиях Новосибирской области имеется острая нехватка технологического транспорта или его отсутствие.

**Ключевые слова:** кормоуборочный комбайн, заготовка кормов, логистика, позиционирование, уборочно-транспортный процесс.

An assessment of the efficiency of the enterprise for harvesting corn for silage through positioning and monitoring of vehicles was carried out. The calculation of the required power of the forage harvester for the smooth operation of service vehicles, that are responsible for the transportation of green mass, was done. An inconsistency was revealed between the departures of loaded vehicles and the arrivals of empty vehicles. The lack of positioning and monitoring tools negatively affects the productivity of the harvesting and transport process. As a result of the research, it was found that the actual performance of the forage harvester when harvesting maize for silage is significantly lower than the theoretical performance. Through experiments, the downtime of forage harvesters in the field due to improper organization of transport services was revealed. When analyzing the state of the park of forage harvesters and vehicles, the requirements of new approaches in solving transport problems were revealed. These contribute to a radical improvement of the transport process when harvesting silage crops. The obtained calculations and patterns of change in technical and technological parameters can be used for the design of new, special agricultural vehicles, as well as in the harvesting and transport process to determine the required number of transport units, when transporting chopped green mass. On the basis of experimental data the regularities of changes in the volume of the vehicle bed on the mass of the trailer and the dependence of the change in the volume of the vehicle bed on the mass of the trailer during transportation of green mass were obtained.

**Keywords:** forage harvester, forage procurement, logistics, positioning, harvesting and transportation process.

**Для цитирования:** Галимов Р.Р., Максимович К.Ю., Тихоновский В.В., Войнаш С.А. Оценка эффективности работы транспортного обслуживания кормоуборочных комбайнов при уборке кукурузы на силос в условиях НСО // *Тракторы и сельхозмашины*. 2021. № 1. С. 73–80. DOI: 10.31992/0321-4443-2021-1-73-80

**Cite as:** R.R. Galimov, K.YU. Maksimovich, V.V. Tikhonovskiy, S.A. Voynash Evaluation of the efficiency of transport services for forage harvesters when harvesting maize for silage in Novosibirsk region. *Traktory i sel'khovmashiny*. 2021. No 1, pp. 73–80 (in Russ.). DOI: 10.31992/0321-4443-2021-1-73-80

**Снижение энергоемкости сушилки аэродинамического нагрева*****Reducing the energy consumption of the aerodynamic heating dryer***

д.т.н. Купреенко А.И.,  
к.э.н. Исаев Х.М.,  
Исаев С.Х.

A.I. Kupreyenko, Dsc in Engineering  
KH.M. Isayev, PhD in Economics  
S.KH. Isayev

*Брянский государственный аграрный  
университет, Брянск, Россия  
kupreenkoai@mail.ru*

*Bryansk State Agrarian University, Bryansk,  
Russia  
kupreenkoai@mail.ru*

Перспективным направлением развития сушильных установок в технологиях переработки плодово-ягодного сырья является использование сушилок аэродинамического подогрева. В них реализуется принцип трансформации электрической энергии, расходуемой на привод центробежного вентилятора, в тепловую энергию за счет взаимного трения циркулирующих в замкнутой камере воздушных потоков. При этом подавляющая часть подводимой к ротору электрической энергии расходуется на преодоление аэродинамических потерь в проточной части рабочего колеса и в сушильной камере. Для снижения энергоёмкости процесса сушки путем снижения расхода энергии на нагрев сушильного агента в сушильной камере предложено утилизировать теплоту отработанного сушильного агента за счёт оснащения сушилки комбинированным теплообменником. Он совмещает в себе пластинчатый теплообменник и воздушный солнечный коллектор. Целью исследования являлся анализ эффективности использования комбинированного теплообменника для снижения энергоемкости сушилки аэродинамического нагрева при сушке яблок. Исследовалась работа сушильной установки при использовании комбинированного теплообменника и без его использования. Для фиксации параметров сушильного агента, окружающей среды, расхода электроэнергии использовали восьмиканальный измеритель-терморегулятор ТРМ-138 с датчика-ми термосопротивления и счетчик электрической энергии с трансформаторами тока. Результаты исследования показали, что использование комбинированного теплообменника позволило повысить температуру поступающего в сушильную камеру сушильного агента в среднем на 20 °С относительно температуры атмосферного воздуха. Более интенсивный рост температуры сушильного агента при использовании комбинированного теплообменника позволил сократить продолжительность сушки на 3 часа. Расход электроэнергии при этом уменьшился на 27,4 %.

***Ключевые слова:*** комбинированный теплообменник, сушилка аэродинамического нагрева, энергоемкость процесса сушки

A promising direction in the development of drying plants in the technologies of processing fruit and berry raw materials is the use of aerodynamic heating dryers. They implement the principle of transformation of electrical energy consumed to drive a centrifugal fan into thermal energy due to mutual friction of air flows circulating in a closed chamber. In this case, the overwhelming part of the electrical energy supplied to the rotor is spent on overcoming aerodynamic losses in the flow path of the impeller and in the drying chamber. To reduce the energy consumption of the drying process by reducing the energy consumption for heating the drying agent in the drying chamber, it is proposed to utilize the heat of the spent drying agent by equipping the dryer with a combined heat exchanger. It combines a plate heat exchanger and a solar air collector. The aim of the study was to analyze the efficiency of using a combined heat exchanger to reduce the energy consumption of an aerodynamic dryer when drying apples. The operation of the drying plant was investigated with and without a combined heat exchanger. To record the parameters of the drying agent, the environment, and the consumption of electric energy, an eight-channel TRM-138 thermoregulator meter with thermal resistance sensors and an electric energy meter with current transformers were used. An eight-channel TRM-138 thermoregulator meter with thermal resistance sensors and an electric energy meter with current transformers was used to record the parameters of the drying agent, the en-

vironment, and the consumption of electric energy. The research results showed that the use of a combined heat exchanger made it possible to increase the temperature of the drying agent entering the drying chamber by an average of 20 °C relative to the ambient air temperature. A more intensive increase in the temperature of the drying agent when using a combined heat exchanger made it possible to reduce the drying time by 3 hours. At the same time, electricity consumption decreased by 27.4%.

**Keywords:** *combined heat exchanger, aerodynamic heating dryer, energy consumption of the drying process.*

**Для цитирования:** Купреенко А.И., Исаев Х.М., Исаев С.Х. Снижение энергоёмкости сушилки аэродинамического нагрева // *Тракторы и сельхозмашины*. 2021. № 1. С. 81–87. DOI: 10.31992/0321-4443-2021-1-81-87

**Cite as:** A.I. Kupreyenko, Kh.M. Isayev, S.Kh. Isayev Reducing the energy consumption of the aerodynamic heating dryer. *Traktory i sel'khoz mashiny*. 2021. No 1, pp. 81–87 (in Russ.). DOI: 10.31992/0321-4443-2021-1-81-87

DOI: 10.31992/0321-4443-2021-1-88-95

### **Энергоёмкость измельчения отплодоносивших стеблей малины**

#### **Energy intensity of chopping fructified raspberry stems**

д.с.-х.н. Ожерельев В.Н.

V.N. Ozherel'ev, DSc in Agriculture

*Брянский государственный аграрный университет, Брянск, Россия*  
vicoz@bk.ru

*Bryansk State Agrarian University, Bryansk, Russia*  
vicoz@bk.ru

В статье проанализированы результаты измерения усилия, необходимого для разрушения подсохшего стебля малины посредством поперечного воздействия на него. В качестве вариантов опыта использовали перерезание стебля с опорой в одной и в двух точках, а также его переламывание при расстоянии между опорами 30 и 54 мм. Установлено, что усилие на рабочем органе линейно зависит от диаметра стебля. Подтверждена существенная зависимость необходимого усилия от способа воздействия на материал. Выявлено, что усилие перерезания подсохшего стебля существенно выше усилия, необходимого для его переламывания. Для осуществления процесса переламывания предложен рабочий орган в виде пары горизонтальных двенадцатилопастных роторов, смонтированных с радиальным перекрытием между ними на величину, примерно равную расстоянию между наружными кромками соседних лопастей. При этом роторы должны иметь диаметр порядка 200 – 210 мм. Кроме того, они должны быть снабжены синхронным приводом и сдвинуты по фазе на угол 15<sup>0</sup>. В результате моделирования фаз разрушения стебля поперечным переламыванием получены силовые и энергетические параметры процесса. При длине ротора один метр и одновременном измельчении 25 стеблей средняя мощность, необходимая для его привода, составляет 9,3 кВт, при вероятности пиковых значений в 16,4 кВт. При прочностном расчете следует учитывать, что на вал ротора в вертикальной плоскости действует распределенная нагрузка величиной до 12400 Н, а в горизонтальной плоскости распределенная нагрузка величиной 2750 Н. Макетный образец измельчителя был испытан и подтвердил свою работоспособность.

**Ключевые слова:** *малина, стебли, утилизация, измельчение, резание, переламывание, энергоёмкость*

The article analyzes the results of measuring the force required for the destruction of a dried raspberry stem by means of transverse action on it. There was used as a variant of the experiment the cutting of stem with support at one and two points, as well as breaking it with a distance be-

tween the supports of 30 and 54 mm. It was found that the force on the working body linearly depends on the diameter of the stem. The essential dependence of the required force on the method of action on the material was confirmed. It was revealed that the effort to cut a dried stem is significantly higher than the effort required to break it. To implement the breaking process, a working body in the form of a pair of horizontal twelve-blade rotors mounted with a radial overlap between them by an amount approximately equal to the distance between the outer edges of the adjacent blades is proposed. In this case, the rotors should have a diameter of about 200-210 mm. In addition, they must be equipped with a synchronous drive and shifted in phase by an angle of  $15^{\circ}$ . As a result of modeling the phases of the destruction of the stem by transverse fracture, the force and energy parameters of the process were obtained. With a rotor length of one meter and simultaneous crushing of 25 stems, the average power required to drive is 9.3 kW, with a probability of peak values of 16.4 kW. When calculating the strength, it should be taken into account that a distributed load of up to 12,400 N acts on the rotor shaft in the vertical plane and a distributed load of 2,750 N acts in the horizontal plane. A prototype grinder was tested and proven to work.

**Keywords:** raspberries, stems, disposal, chopping, cutting, breaking, energy consumption.

**Для цитирования:** Ожерельев В.Н. Энергоемкость измельчения отплодоносивших стеблей малины // *Тракторы и сельхозмашины*. 2021. № 1. С. 88–95. DOI: 10.31992/0321-4443-2021-1-88-95

**Cite as:** V.N. Ozherel'yeV Energy intensity of chopping fructified raspberry stems. *Traktory i sel'khoz mashiny*. 2021. No 1, pp. 88–95 (in Russ.). DOI: 10.31992/0321-4443-2021-1-88-95