

## ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ИЗНОС ОСНОВНЫХ МЕХАНИЗМОВ И СИСТЕМ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

*Григорий Александрович Иовлев, кандидат экономических наук,  
e-mail: gri-iovlev@yandex.ru;*

*Ирина Игоревна Голдина, старший преподаватель  
Уральский государственный аграрный университет,  
г. Екатеринбург, Российская Федерация*

**Реферат.** В процессе эксплуатации транспортно-технологических машин (тракторы, автомобили, зерно- и кормоуборочные комбайны и другая сложная сельскохозяйственная техника) происходит износ сопряжений в узлах, агрегатах, механизмах. Величина износа зависит от срока и условий эксплуатации. (Цель исследования) Найти наиболее приемлемый для практического применения метод определения оптимальной периодичности технических воздействий для обеспечения высоких показателей надежности, работоспособности через снижение интенсивности износов сопряжений узлов, агрегатов, механизмов транспортно-технологической машины; предложить коэффициенты корректирования нормативов периодичности при планировании и организации технического обслуживания и ремонта сельскохозяйственной техники. (Материалы и методы) Исследовали состояние коленчатых валов двигателей внутреннего сгорания при наработке, близкой к проведению капитального ремонта – 5000 часов (техническое обслуживание – 3) у тракторов, 192000 км и 150000 км (текущий ремонт) у автомобилей типа КАМАЗ и ГАЗ-3309. Применили методы, используемые при определении оптимальной периодичности технического обслуживания и ремонта, характеризующие качество проведения технических воздействий. (Результаты и обсуждение) Выполнили расчеты по определению максимальной производительности агрегата в составе трактора с различной периодичностью технического обслуживания и сельскохозяйственной машины на основе использования статистического метода (по вероятности отказа). Выявили, что самым приемлемым методом определения оптимальной периодичности технических воздействий служит метод «удельных издержек». Предложили коэффициенты корректировки периодичности технических воздействий. (Выводы) Определение оптимальной периодичности технических воздействий позволит минимизировать эксплуатационные затраты, предупредить возможные отказы. Необходимо выбрать приемлемый метод, определяющий оптимальную периодичность и обеспечивающий минимальный износ сопряжений в узлах, агрегатах, механизмах транспортно-технологических машин.

**Ключевые слова:** коленчатый вал, качество, условия, ресурс, периодичность, производительность, мощность, вспашка, коэффициенты корректирования.

**Для цитирования:** Иовлев Г.А., Голдина И.И. Факторы, влияющие на износ основных механизмов и систем двигателя внутреннего сгорания // Технический сервис машин. 2021. Т. 59. N1(142). С. 12-23. DOI 10.22314/2618-8287-2021-59-1-12-23.

### THE FACTORS AFFECTING THE WEAR OF THE MAIN MECHANISMS AND SYSTEMS OF THE INTERNAL COMBUSTION ENGINE

*Grigoriy A. Iovlev, Ph.D. (Econ.),  
Irina I. Goldina, senior lecturer  
Ural State Agrarian University,  
Yekaterinburg, Russian Federation*

**Abstract.** In the course of operation of transport and technological machines (tractors, cars, grain and forage harvesters and other complex agricultural machinery), the joints in the nodes, aggregates, and mechanisms are worn out. The amount of wear depends on the service life and operating conditions. (Research purpose) The research purpose is in searching for the most acceptable method for practical application of determining the optimal frequency of technical service to ensure high reliability and efficiency through reducing the intensity of wear of the interfaces of components, aggregates, mechanisms of the transport and technological machine; proposing coefficients for adjusting the frequency standards when planning and organizing maintenance and repair of agricultural machinery. (Materials and methods) The condition of the crankshafts of internal combustion engines at the operating time close to carrying out major repairs, 5000 hours (maintenance – 3) for tractors, 192,000 km and 150,000 km (routine repairs) for vehicles like KAMAZ and GAZ-3309. Authors applied the methods used to determine the optimal frequency of maintenance and repair, which characterize the quality of technical impacts. (Results and discussion) The article presents calculations

performed to determine the maximum performance of the unit as part of a tractor with different maintenance intervals and an agricultural machine based on the use of a statistical method (according to the probability of failure). Authors found that the most acceptable method for determining the optimal frequency of technical impacts is the "unit cost" method. The article proposes coefficients for adjusting the frequency of technical impacts. (Conclusions) Determining the optimal frequency of technical impacts will minimize operating costs and prevent possible failures. To do this, it is necessary to choose an acceptable method that determines the optimal frequency and ensures minimal wear of the interfaces in the nodes, aggregates, mechanisms of transport and technological machines.

**Keywords:** crankshaft, quality, conditions, resource, frequency, productivity, power, plowing, correction factors.

**For citation:** Iovlev G.A., Goldina I.I. Faktory, vliyayushchiye na iznos osnovnykh mekhanizmov i sistem dvigatelya vnutrennego sgoraniya [The factors affecting the wear of the main mechanisms and systems of the internal combustion engine]. Tekhnicheskii servis mashin. 2021. Vol. 59. N1(142). 12-23 (In Russian). DOI 10.22314/2618-8287-2021-59-1-12-23.

DOI 10.22314/2618-8287-2021-59-1-24-33

УДК 629.113.52; 62-1/-9; 53.09

## АПРОБИРОВАННОЕ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СЕРВИСА АВТОТРАКТОРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

<sup>1</sup>Анатолий Васильевич Дунаев, доктор технических наук,  
главный специалист, e-mail: [dunaev135@mail.ru](mailto:dunaev135@mail.ru);

<sup>2</sup>Александр Егорович Ломовских, кандидат технических наук,  
доцент кафедры;

<sup>3</sup>Игорь Филиппович Пустовой, инженер;

<sup>1</sup>Александр Сергеевич Саяпин, научный сотрудник

<sup>1</sup>Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ,  
Москва, Российская Федерация;

<sup>2</sup>Военно-воздушная академия имени профессора  
Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», г. Воронеж, Российская Федерация;

<sup>3</sup>ООО «РеалИнПроект», Санкт-Петербург, Российская Федерация

**Реферат.** Необходимость в повышении ресурса, экономичности и экологичности автотракторных двигателей обуславливает инновации в их обслуживании и ремонте. Топлива модифицируют механохимией, гидродинамической и акустической кавитацией, трибоэлектризацией и совместным применением данных методов. Наиболее эффективны активаторы Ю.В. Воробьева. (Цель исследования) Обобщить результаты испытаний активаторов Ю.И. Воробьева, выявить особенности модификации ими моторных топлив и наметить меры для обеспечения их стабильной работы в разных ДВС. (Материалы и методы) Использовали описание активаторов моторных топлив по патентам Российской Федерации № 2411074, 2550203, 2592801 и результаты их испытаний на двигателях КамАЗ-740, ЗМЗ-406, ЯМЗ-236, УМЗ-412 с топливами, с водо-топливной эмульсией, проведенных в Военно-воздушной академии имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина. (Результаты и обсуждение) Предположили из анализа конструкции активаторов Ю.В. Воробьева и эффективности их работы, что модификация ими топлив, рапсового масла, алкоголей и вод происходит вначале механохимией, далее – кавитацией, а окончательно – механохимией. Подтвердили эффективность активатора стендовыми и эксплуатационными испытаниями по снижению расхода топлив на 21,3-31,9 процентов, 80 парами хроматограмм и химмотологией модифицированных жидкостей, необратимостью и усилением модификации топлив в хранении и другими необычными свойствами различных активированных жидкостей. (Выводы) Эффективность активатора в повышении им калорийности моторных топлив на 26-30 процентов и снижении на 21,3-31,9 процентов их расхода обеспечивается оптимизацией его конструкции для разных расходов жидкостей в нем и антиэрозионными материалами. Однако активатор требует ресурсных и нагрузочных испытаний на бензиновых и дизельных двигателях, проверке на модификацию нефтей и моторных масел, испытаний на автозаправочных станциях.

**Ключевые слова:** двигатель, технический сервис, активация топлив, расход.

**Для цитирования:** Дунаев А.В., Ломовских А.Е., Пустовой И.Ф., Саяпин А.С. Апробированное совершенствование сервиса автотракторных двигателей // Технический сервис машин. 2021. Т. 59. N1(142). С. 24-33. DOI 10.22314/2618-8287-2021-59-1-24-33.

## APPROBATED IMPROVEMENT OF THE SERVICE OF AUTOMOTIVE ENGINES

<sup>1</sup>Anatoliy V. Dunaev, Dr.Sc.(Eng.), chief specialist;

<sup>2</sup>Aleksandr E. Lomovskikh, Ph.D.(Eng.), associate professor;

<sup>3</sup>Igor' F. Pustovoy, engineer;

<sup>1</sup>Aleksandr S. Sayapin, junior researcher

<sup>1</sup>Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation;

<sup>2</sup>Air force Academy named after Professor N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin, Voronezh, Russian Federation;

3000 «RealInProekt», Saint-Petersburg, Russian Federation

**Abstract.** The need to increase the service life, efficiency and environmental friendliness of automotive engines leads to innovations in their maintenance and repair. Fuels are modified by mechanic-chemistry, hydrodynamic and acoustic cavitation, triboelectrization, and joint application of these methods. The most effective activators are described by Yu. V. Vorob'yov. (Research purpose) The research purpose is in summarizing the results of tests of activators by Yu. I. Vorobyov, identifying the features of their modification of motor fuels and outlining measures to ensure their stable operation in different internal combustion engines. (Materials and methods) The article presents the description of motor fuel activators under patents of the Russian Federation No. 2411074, 2550203, 2592801 and the results of their tests on KamAZ-740, ZMZ-406, YAMZ-236, UMZ-412 engines with fuels, with water-fuel emulsion, conducted at the Air Force Academy named after Professor N. E. Zhukovsky and Yu. A. Gagarin. (Results and discussion) Authors assumed from the analysis of the design of the activators by Yu. V. Vorobyov and the efficiency of their work, that their modification of fuels, rapeseed oil, alcohols and waters occurs first by mechanical-chemistry, then by cavitation, and finally by mechanic-chemistry. The effectiveness of the activator was confirmed by bench and operational tests to reduce fuel consumption by 21.3-31.9 percent, 80 pairs of chromatograms and chemmology of modified liquids, the irreversibility and enhancement of fuel modification in storage, and other unusual properties of various activated liquids. (Conclusions) The effectiveness of the activator in increasing the caloric content of motor fuels by 26-30 percent and reducing their consumption by 21.3-31.9 percent is ensured by optimizing its design for different liquid consumption in it and anti-erosion materials. However, the activator requires resource and load tests on gasoline and diesel engines, testing for modification of oils and motor oils, tests at gas stations.

**Keywords:** engine, technical service, fuel activation, consumption.

**For citation:** Dunayev A.V., Lomovskikh A.E., Pustovoy I.F., Sayapin A.S. Aprobirovannoye sovershenstvovaniye servisa avtotraktornykh dvigateley [Approbated improvement of the service of automotive engines]. Tekhnicheskiy servis mashin. 2021. Vol. 59. N1(142). 24-33 (In Russian) DOI 10.22314/2618-8287-2021-59-1-24-33.

DOI 10.22314/2618-8287-2021-59-1-34-44

УДК 621.43.001.4

## РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО КОНТРОЛЬНО-ДИАГНОСТИЧЕСКОГО УСТРОЙСТВА

<sup>1</sup>Дмитрий Анатольевич Жданко, кандидат технических наук,  
доцент, e-mail: zhdanko\_dmitrii@mail.ru;

<sup>2</sup>Валерий Сергеевич Герасимов, ведущий специалист;

<sup>2</sup>Михаил Николаевич Костомахин, кандидат технических наук;

<sup>2</sup>Николай Алексеевич Петрищев, кандидат технических наук,  
ведущий научный сотрудник

<sup>1</sup>Белорусский государственный аграрный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь

<sup>2</sup>Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ,  
Москва, Российская Федерация

**Реферат.** Сервисные и ремонтные службы эксплуатирующих и обслуживающих технику организаций во многом оснащены устаревшим, маломощным, узкоспециализированным стендовым оборудованием из бывших специализированных предприятий и не всегда могут полностью удовлетворить потребности в соответствии

техническими требованиями завода-производителя, особенно для проведения программ контроля качества ремонта мощных и современных тракторов. Данные обстоятельства в совокупности снижают достоверность полученных диагностических параметров и могут привести к рискам ошибок при определении технической готовности отремонтированной техники, в частности, двигателей внутреннего сгорания, агрегатов трансмиссии и ходовой части, гидропривода. (Цель исследования) Разработать мобильное контрольно-диагностическое устройство для контроля мощности и расхода топлива ДВС, а также качества ремонта агрегатов гидростатической трансмиссии и гидропривода. (Материалы и методы) Провели анализ научных работ по вопросам совершенствования методик диагностирования энергетических показателей мобильной сельскохозяйственной техники, а также провели широкие исследования применения аксиально-плунжерных насосов и дросселирования потока нагнетаемой ими жидкости дросселем постоянного и переменного сечения для торможения двигателей. (Результаты и обсуждение) Разработали экспериментальный образец мобильного контрольно-диагностического устройства и экспериментально проверили методики определения его параметров и контрольно-диагностических операций. (Выводы) Применение предлагаемого мобильного контрольно-диагностического устройства позволит исключить неоправданный расход топлива тракторами при снижении эффективной мощности их ДВС ниже допустимых пределов, а также позволит проводить диагностику агрегатов гидростатической трансмиссии в условиях сельскохозяйственных и обслуживающих предприятий и исключить отправку в ремонт исправных агрегатов с неиспользованным ресурсом.

**Ключевые слова:** техническое обслуживание, диагностика, мобильное контрольно-диагностическое устройство, машинно-тракторный парк, мощность, двигатель внутреннего сгорания.

**Для цитирования:** Жданко Д.А., Герасимов В.С., Костомахин М.Н, Петрищев Н.А. Разработка мобильного контрольно-диагностического устройства // Технический сервис машин. 2021. Т. 59. N1(142). С. 34-44. DOI 10.22314/2618-8287-2021-59-1-34-44

## DEVELOPMENT OF MOBILE CONTROL DIAGNOSTIC DEVICE

<sup>1</sup>*Dmitriy A. Zhdanko, Ph.D.(Eng.), associate professor;*

<sup>2</sup>*Valeriy S. Gerasimov, leading specialist;*

<sup>2</sup>*Mikhail N. Kostomakhin, Ph.D.(Eng.);*

<sup>2</sup>*Nikolay A. Petrishchev, Ph.D.(Eng.), leading researcher*

<sup>1</sup>*Belarusian State Agrarian Technical University,*

*Minsk, Republic of Belarus*

<sup>2</sup>*Federal Scientific Agroengineering Center VIM,*

*Moscow, Russian Federation*

**Abstract.** Service and repair of operating and servicing organizations are largely equipped with outdated, low-power, highly specialized bench equipment from former specialized enterprises and do not always meet the technical requirements of the manufacturer, especially for conducting quality control programs for the repair of powerful and modern tractors. These circumstances together reduce the reliability of the obtained diagnostic parameters and may lead to the risk of errors in determining the technical readiness of the repaired equipment, in particular, internal combustion engines, transmission units and chassis, hydraulic drive. (Research purpose) The research purpose is in developing a mobile control and diagnostic device for monitoring the power and fuel consumption of the internal combustion engine, as well as the quality of repair of hydrostatic transmission and hydraulic drive units. (Materials and methods) The article presents an analysis of scientific works on improving methods for diagnosing energy indicators of mobile agricultural machinery, as well as conducted extensive research on the use of axial plunger pumps and throttling the flow of liquid injected by them with a constant and variable cross-section throttle for engine braking. (Results and discussion) Authors developed an experimental model of a mobile control and diagnostic device and experimentally tested the methods for determining its parameters and control and diagnostic operations. (Conclusions) The use of the proposed mobile control and diagnostic device will eliminate excessive fuel consumption by tractors when reducing the effective power of their internal combustion engines below the permissible limits, and will also allow the diagnosis of hydrostatic transmission units in the conditions of agricultural and service enterprises and exclude the sending of serviceable units with unused resources for repair.

**Keywords:** maintenance, diagnostics, mobile control diagnostic device, machine and tractor fleet, power, internal combustion engine.

## **АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ОБОСНОВЫВАЮЩИХ НЕОБХОДИМОСТЬ СОЗДАНИЯ СИСТЕМЫ «СЕЛЬХОЗРЕЦИКЛИНГ» В АПК РОССИИ**

*Валерий Сергеевич Герасимов, ведущий специалист;  
Владимир Ильич Игнатов, доктор технических наук,  
главный специалист, e-mail: ignatoww@inbox.ru;  
Зоя Николаевна Мишина, старший научный сотрудник;  
Дарья Владимировна Андреева, инженер  
Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ,  
Москва, Российская Федерация*

**Реферат.** Изложили основные факторы, характеризующие обоснование формирования системы «Сельхозрециклинг» с участием заводов-изготовителей, предприятий инженерной сферы агропромышленного комплекса и других заинтересованных организаций и структур. Важнейшая причина, обуславливающая формирование системы «Сельхозрециклинг» – необходимость возвращения в производственную и эксплуатационную сферу вторичных ресурсов в объеме не менее 90-95 процентов. (Цель исследования) Обосновать оптимальное решение по созданию ресурсосберегающей эколого ориентированной системы «Сельхозрециклинг». (Материалы и методы) Оценили возможность формирования в ближайшие 2-3 года в АПК России системы «Сельхозрециклинг». Установили, что выведенная из эксплуатации сельскохозяйственная техника и оборудование, а также их компоненты частично утилизируются (черные и цветные металлы, шины, аккумуляторы и др.), но основная часть составляющих элементов машин становится отходами, которые размещаются на полигонах и свалках, что создает множество экономических и экологических проблем. (Результаты и обсуждение) Рассмотрели основные факторы, обосновывающие необходимость формирования системы «Сельхозрециклинг». Определили, что одним из важнейших условий создания этой системы, помимо финансовых аспектов (утилизационный сбор), становится активное участие в этом проекте заводов-изготовителей сельхозтехники, предприятий инженерной сферы агропромышленного комплекса и других заинтересованных организаций и структур, что позволит активизировать процесс возрождения производственных мощностей в агрокомплексе по сбору и переработке утилизируемой сельхозтехники, а также ее компонентов. (Выводы) В России до настоящего времени, несмотря на сформированную в последние годы нормативно-законодательную и экономическую базу в государственном формате, единая система утилизация выведенной из эксплуатации техники не создана.

**Ключевые слова:** сельскохозяйственная техника, утилизация, жизненный цикл, ремонт, техническое обслуживание, ремонтно-технические предприятия, система утилизации «Сельхозрециклинг».

**Для цитирования:** Герасимов В.С., Игнатов В.И., Мишина З.Н., Андреева Д.В. Анализ факторов, обосновывающих необходимость создания системы «Сельхозрециклинг» в АПК России // Технический сервис машин. 2021. Т. 59. N1(142). С. 45-54 . DOI 10.22314/2618-8287-2021-59-1-45-54

## **ANALYSIS OF FACTORS JUSTIFYING THE NEED TO CREATE A SYSTEM OF "AGRICULTURAL RECYCLING" IN THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX OF RUSSIA**

*Valeriy S. Gerasimov, leading specialist;  
Vladimir I. Ignatov, Dr. Sc. (Eng.), chief specialist;  
Zoya N. Mishina, senior researcher,  
Dar'ya V. Andreeva, engineer  
Federal Scientific Agroengineering Center VIM,  
Moscow, Russian Federation*

**Abstract.** The article outlines the main factors that characterize the rationale for the formation of the "Agricultural Recycling" system with the participation of manufacturing plants, engineering enterprises of the agro-industrial complex

and other interested organizations and structures. The most important reason for the formation of the "Agricultural Recycling" system is the need to return to the production and operational sphere of secondary resources in the amount of at least 90-95 percent. (Research purpose) The research purpose is in justifying the optimal solution for the creation of a resource-saving eco-oriented system "Agricultural Recycling". (Materials and methods) The article describes the possibility of forming a system of "Agricultural Recycling" in the Russian agro-industrial complex in the next 2-3 years. Decommissioned agricultural machinery and equipment, as well as their components, are partially disposed (ferrous and non-ferrous metals, tires, batteries, etc.), but the main part of the components of the machines becomes waste, which is placed in landfills, which creates many economic and environmental problems. (Results and discussion) The article presents the main factors justifying the need for the formation of the "Agricultural Recycling" system. One of the most important conditions for the creation of this system, in addition to financial aspects (recycling fee), is the active participation in this project of agricultural machinery manufacturers, agricultural engineering enterprises and other interested organizations and structures, which will allow us to activate the process of reviving production capacities in the agricultural complex for the collection and processing of recycled agricultural machinery, as well as its components. (Conclusions) In Russia, to date, despite the regulatory, legislative and economic framework formed in recent years in the state format, a unified system for the disposal of decommissioned equipment has not been created.

**Keywords:** agricultural machinery, utilization, life cycle, repair, maintenance, repair and technical enterprises, utilization system «Agricultural recycling».

**For citation:** Gerasimov V.S., Ignatov V.I., Mishina Z.N., Andreyeva D.V. Analiz faktorov, obosnovyvyayushchikh neobkhodimost' sozdaniya sistemy «Sel'khozretsikling» v APK Rossii [Analysis of factors justifying the need to create a system of "Agricultural Recycling" in the agro-industrial complex of Russia]. Tekhnicheskii servis mashin. 2021. Vol. 59. N1(142). 45-54 (In Russian). DOI 10.22314/2618-8287-2021-59-1-45-54

DOI 10.22314/2618-8287-2021-59-1-55-64

УДК 621.432, 631.372

## ДИАГНОСТИРОВАНИЕ МНОГОКАНАЛЬНОЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМОЙ С ГИБКОЙ СТРУКТУРОЙ ФОРСУНОК ФИРМЫ BOSCH

<sup>1</sup>Александр Анатольевич Жешко, кандидат технических наук,  
доцент кафедры;

<sup>1</sup>Виктор Евгеньевич Тарасенко, кандидат технических наук,  
доцент, e-mail: trs9@yandex.ru;

<sup>1</sup>Олег Чеславович Ролич, кандидат технических наук, доцент;

<sup>2</sup>Анатолий Васильевич Дунаев, доктор технических наук,  
главный специалист

<sup>1</sup>Белорусский государственный аграрный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь

<sup>2</sup>Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ,  
Москва, Российская Федерация

**Реферат.** На стенде CR-Jet 4E с использованием многоканальной системы с гибкой структурой в УО «БГАТУ» исследовали виброакустические сигналы форсунок фирмы BOSCH. Их обработали в системе Mathcad со спектральным анализом и вейвлет-преобразованиями в программах MATLAB. (Цель исследования) Проанализировать вибрационные характеристики форсунок фирмы BOSCH, выявить возможные неисправности и спрогнозировать их ресурс. (Материалы и методы) Испытали новую и работавшую форсунки при давлении впрыска 158, 200 и 1000 бар. В пятикратных испытаниях использовали вибродатчики MPU6050, микрофон INMP621, датчик температуры. Отображали вибросигналы по осям хуз по амплитудно-частотной характеристике с преобразованием Фурье. (Результаты и обсуждение) Из пяти бинарных файлов сигналов акселерометров и звуковых файлов форсунок построили графики вейвлет-преобразований и амплитудно-частотных характеристик. Представили вверху графиков сигналы акселерометра по оси у, в середине – спектр их постоянства, внизу – скейлограмму. Выявили, что для изношенных форсунок спектр постоянства менее выражен, основные пики сигналов в частотах 150 и 300 герц, их меньше, чем у новой форсунки, а амплитуды выше – 800 единиц. Установили, что для новой форсунки равномерные пики меньше на 200 единиц. Амплитуда акустики изношенной форсунки – 150 единиц, у новой на частотах до 250 герц – до 120 единиц. (Выводы) Исследования форсунок BOSCH с обработкой сигналов в системе Mathcad с последующим спектральным анализом и вейвлет-преобразованиями по пакету программ MATLAB показали, что для изношенных форсунок характерен

менее выраженный спектр постоянства колебаний. Цели исследований не достигнуты, но они углубляют традиционное диагностирование.

**Ключевые слова:** форсунка, вибрация, шум, спектр, вейвлет-преобразования.

**Для цитирования:** Жешко А.А., Тарасенко В.Е., Ролич О.Ч., Дунаев А.В. Диагностирование многоканальной измерительной системой с гибкой структурой форсунок фирмы BOSCH // Технический сервис машин. 2021. Т.59.№1(142). С. 55-64. DOI 10.22314/2618-8287-2021-59-1-55-64

## DIAGNOSTICS WITH A MULTI-CHANNEL MEASURING SYSTEM WITH A FLEXIBLE STRUCTURE OF BOSCH INJECTORS

<sup>1</sup>Aleksandr A. Zheshko, Ph.D.(Eng.), associate professor;

<sup>1</sup>Viktor E. Tarasenko, Ph.D.(Eng.), associate professor;

<sup>1</sup>Oleg C. Rolich, Ph.D.(Eng.), associate professor;

<sup>2</sup>Anatoliy V. Dunayev, Dr. Sc.(Eng.), leading specialist

<sup>1</sup>Belarusian State Agrarian Technical University, Minsk, Republic of Belarus

<sup>2</sup>Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation

**Abstract.** At the CR-Jet 4E stand, the vibroacoustic signals of BOSCH injectors were studied using a multichannel system with a flexible structure in the BGATU Educational Institution. They were processed in the Mathcad system with spectral analysis and wavelet transformations in MATLAB programs. (Research purpose) The research purpose is in analyzing the vibration characteristics of BOSCH injectors, identifying possible malfunctions and predict their service life. (Materials and methods) The article presents testing results of a new and working nozzle at an injection pressure of 158, 200 and 1000 bar. In five tests it were used the MPU6050 vibration sensors, the INMP621 microphone, and the temperature sensor. The vibration signals were displayed along the xyz axes according to the amplitude-frequency response with the Fourier transform. (Results and discussion) The article presents graphs of wavelet transformations and amplitude-frequency characteristics from five binary files of accelerometer signals and sound files of injectors. The article presents the accelerometer signals on the y-axis at the top of the graphs, the spectrum of their constancy in the middle, and the scalogram at the bottom. For worn-out injectors, the spectrum of constancy is less expressed, the main signal peaks are in the frequencies of 150 and 300 hertz, they are less than in the new nozzle, and the amplitudes are higher up to 800 units. For the new nozzle, the uniform peaks are less than 200 units. The acoustic amplitude of the worn-out nozzle is 150 units, and the new one at frequencies up to 250 hertz is up to 120 units. (Conclusion) Studies of BOSCH injectors with signal processing in the Mathcad system, followed by spectral analysis and wavelet transformations using the MATLAB software package, have shown that the worn-out injectors are characterized by a less expressed spectrum of oscillation constancy. The research goals have not been achieved, but they deepen the traditional diagnosis.

**Keywords:** nozzle, vibration, noise, spectrum, wavelet transform.

**For citation:** Zheshko A.A., Tarasenko V.E., Rolich O.Ch., Dunayev A.V. Diagnostirovaniye mnogokanal'noy izmeritel'noy sistemoy s gibkoy strukturoy forsunok firmy BOSCH [Diagnostics with a multi-channel measuring system with a flexible structure of bosch injectors]. Tekhnicheskii servis mashin. 2021. 59. №1(142). 55-64 (In Russian). DOI 10.22314/2618-8287-2021-59-1-55-64

DOI 10.22314/2618-8287-2021-59-1-65-71

УДК 631.372:629.114.2

## ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕМАТИКИ ПОВОРОТА МНОГОЗВЕННЫХ ТРАКТОРНО-ТРАНСПОРТНЫХ АГРЕГАТОВ С УСТРОЙСТВАМИ, КОРРЕКТИРУЮЩИМИ ШИРИНУ ТРАНСПОРТНОГО КОРИДОРА

Алексей Николаевич Кушнарёв, аспирант;

Сергей Васильевич Щитов, доктор технических наук,  
профессор, e-mail: shitov.sv1955@mail.ru;

Евгений Евгеньевич Кузнецов, доктор технических наук, доцент  
Дальневосточный государственный аграрный университет,  
г. Благовещенск, Российская Федерация

**Реферат.** Эффективность работы тракторно-транспортного агрегата во многом обусловлена его подвижностью, которая в свою очередь зависит от многих взаимосвязанных факторов, таких как управляемость, устойчивость движения и поворотливость. Один из наиболее важных факторов – именно поворотливость, которая обеспечивает способность тракторно-транспортного агрегата качественно и безопасно выполнять криволинейное движение. (Цель исследования) Повысить эффективность работы тракторно-транспортного агрегата за счет использования многозвенных тракторных поездов. (Материалы и методы) Отметили, что основным сдерживающим фактором применения многозвенных тракторных поездов в Российской Федерации служит увеличение габаритной ширины поворотной полосы. Разработали устройство, позволяющее регулировать радиус поворота второго прицепа в целях оптимизации ширины транспортного коридора. Определили, что за счет изменения точки соединения звеньев в повороте происходит стабилизация движения и корректирование ширины транспортного коридора второго звена (прицепа) при движении. Выявили параметры маневренности тракторно-транспортного поезда. (Результаты и обсуждение) Привели результаты теоретических и экспериментальных исследований влияния конструктивно-технологических параметров предлагаемого устройства на параметры маневренности многозвенных тракторно-транспортных агрегатов. (Выводы) Доказали, что использование буксирно-распределяющего устройства позволяет оптимизировать ширину транспортного коридора многозвенного тракторно-транспортного агрегата за счет изменения радиуса поворота второго прицепа.

**Ключевые слова:** тракторно-транспортный агрегат, прицеп, поворот, радиус поворота, маневренность, ширина транспортного коридора.

**Для цитирования:** Кушнарев А.Н., Щитов С.В., Кузнецов Е.Е. Исследование кинематики поворота многозвенных тракторно-транспортных агрегатов с устройствами, корректирующими ширину транспортного коридора // Технический сервис машин. 2021. Т. 59. N1(142). С. 65-71. DOI 10.22314/2618-8287-2021-59-1-65-71

**STUDY OF ROTATION KINEMATICS  
OF MULTI-LINK TRACTOR AND TRANSPORTATION  
UNITS WITH DEVICES CORRECTING THE WIDTH  
OF THE TRANSPORTATION CORRIDOR**

*Aleksey N. Kushnarev, postgraduate;  
Sergey V. Schitov, Dr.Sc.(Eng), professor;  
Evgeniy E. Kuznetsov, Dr.Sc.(Eng), associate professor  
Far Eastern State Agrarian University,  
Blagoveshchensk, Russian Federation*

**Abstract.** The efficiency of the tractor-transport unit is largely due to its mobility, which in turn depends on many interrelated factors, such as handling, stability of movement and agility. One of the most important factors is the turnability, which ensures the ability of the tractor-transport unit to perform curved movement efficiently and safely. (Research purpose) The research purpose is in increasing the efficiency of the tractor-transport unit by using multi-link tractor trains. (Materials and methods) The main deterrent to the use of multi-link tractor trains in the Russian Federation is the increase in the overall width of the turn lane. The article presents a device that allows you to adjust the turning radius of the second trailer in order to optimize the width of the transport corridor. By changing the point of connection of the links in the turn, the movement is stabilized and the width of the transport corridor of the second link (trailer) is adjusted when moving. The article presents parameters of maneuverability of the tractor-transport train. (Results and discussion) The article presents the results of theoretical and experimental studies of the influence of the design and technological parameters of the proposed device on the maneuverability parameters of multi-link tractor-transport units. (Conclusions) The use of a towing-distributing device allows optimizing the width of the transport corridor of a multi-link tractor-transport unit by changing the turning radius of the second trailer.

**Keywords:** tractor-transport unit, trailer, turn, turning radius, maneuverability, width of the transport corridor.

**For citation:** Kushnarev A.N., Shchitov S.V., Kuznetsov E.E. Issledovaniye kinematiki povorota mnogozvennykh traktorno-transportnykh agregatov s ustroystvami, korrektruyushchimi shirinu transportnogo koridora [Study of rotation kinematics of multi-link tractor and transportation units with devices correcting the width of the transportation corridor]. Tekhnicheskii servis mashin. 2021. Vol. 59. N1(142). 65-71 (In Russian). DOI 10.22314/2618-8287-2021-59-1-65-71



## МОДЕЛИРОВАНИЕ СВЯЗИ КРУТЯЩЕГО МОМЕНТА ОБЪЕМНОГО ГИДРОПРИВОДА С ПАРАМЕТРАМИ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО НАГРУЖАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА

*Сергей Владимирович Пьянзов, магистрант;*

*Павел Александрович Ионов, кандидат технических наук,*

*доцент, e-mail: resurs-ime@yandex.ru;*

*Александр Михайлович Земсков, кандидат технических наук, доцент;*

*Алексей Владимирович Столяров, кандидат технических наук, доцент*

*Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва, г. Саранск, Российская Федерация*

**Реферат.** В настоящее время заводы-изготовители для достоверной оценки технического состояния объемных гидроприводов используют методику динамических испытаний, позволяющую определять развиваемый крутящий (тормозной) момент на валу испытуемого гидромотора. Возникают сложности в достоверном определении величины развиваемого крутящего (тормозного) момента. (Цель исследования) Получить математическую модель связи развиваемого крутящего (тормозного) момента объемного гидропривода с параметрами гидравлического нагружающего устройства. (Материалы и методы) Разработали гидравлическое нагружающее устройство, обеспечивающее необходимый тормозной момент на валу испытуемого гидромотора. Провели однофакторные и многофакторный эксперименты – динамические испытания нового объемного гидропривода компании Sauer-Danfoss серии 90 при помощи гидравлического нагружающего устройства. Осуществляли контроль развиваемого крутящего (тормозного) момента при помощи бесконтактного цифрового датчика крутящего момента M 425 3-A datum electronics и цифрового индикатора с ЖКИ-дисплеем (Результаты и обсуждение) Определили в результате однофакторных пассивных экспериментов факторы, влияющие на параметр оптимизации и диапазоны их варьирования. Многофакторным активным экспериментом получили математическую модель связи развиваемого крутящего (тормозного) момента объемного гидропривода с параметрами гидравлического нагружающего устройства. Представили полный план матрицы планирования многофакторного активного эксперимента, в котором отражена последовательность всех возможных комбинаций факторов, влияющих на параметр оптимизации. Установили наиболее значимые факторы, влияющие на величину развиваемого крутящего (тормозного) момента: перепад давления и температура рабочей жидкости в гидрелиниях гидравлического нагружающего устройства. (Выводы) Математическая модель позволяет с высокой точностью определять развиваемый крутящий (тормозной) момент объемного гидропривода.

**Ключевые слова:** объемный гидропривод, техническое состояние, гидронасос, гидромотор, тормозной момент, подача, КПД, математическая модель, стенд, рабочая жидкость.

**Для цитирования:** Пьянзов С.В., Ионов П.А., Земсков А.М., Столяров А.В. Моделирование связи крутящего момента объемного гидропривода с параметрами гидравлического нагружающего устройства // Технический сервис машин. 2021. Т. 59. N1(142). С. 72-82. DOI 10.22314/2618-8287-2021-59-1-72-82

## MODELING THE TORQUE OF THE HYDRAULIC VOLUME DRIVE WITH THE PARAMETERS OF THE HYDRAULIC LOADING DEVICE

*Sergey V. Pyanzov, master's student;*

*Pavel A. Ionov,*

*Ph.D. (Eng.), associate professor;*

*Aleksandr M. Zemskov,*

*Ph.D. (Eng.), associate professor;*

*Aleksey V. Stolyarov,*

*Ph.D. (Eng.), associate professor*

*National Research Mordovia State University N.P. Ogareva,  
Saransk, Russian Federation*

**Abstract.** Currently, manufacturers for a reliable assessment of the technical condition of volumetric hydraulic drives use the dynamic test method, which allows you to determine the torque (braking) moment on the shaft of the tested hydraulic motor. There are difficulties in reliably determining the value of the developed torque (braking) moment. (Research purpose) The research purpose is in constructing a mathematical model of the relationship between the developed torque (braking) moment of a volumetric hydraulic drive and the parameters of a hydraulic loading device. (Materials and methods) The article presents a hydraulic loading device that provides the necessary braking torque on the shaft of the tested hydraulic motor. Authors conducted one-factor and multi-factor experiments–dynamic tests of the new Sauer-Danfoss series 90 volumetric hydraulic drive using a hydraulic loading device. The torque (braking) was monitored using a non-contact digital torque sensor M 425 3-A datum electronics and a digital indicator with LCD display (Results and discussion) As a result of one-factor passive experiments, the factors influencing the optimization parameter and the ranges of their variation were determined. A mathematical model of the relationship between the developed torque (braking) moment of a volumetric hydraulic drive and the parameters of a hydraulic loading device was obtained by a multi-factor active experiment. The article presents a complete planning matrix for a multi-factor active experiment, which reflects the sequence of all possible combinations of factors that affect the optimization parameter. The most significant factors affecting the value of the developed torque (braking) moment were: the pressure drop and the temperature of the working fluid in the hydraulic lines of the hydraulic loading device. (Conclusions) The mathematical model allows us to determine with high accuracy the developed torque (braking) of the volumetric hydraulic drive.

**Keywords:** volumetric hydraulic drive, technical condition, hydraulic pump, hydraulic motor, braking torque, feed, efficiency, mathematical model, test bench, working fluid.

**For citation:** Pyanzov S.V., Ionov P.A., Zemskov A.M., Stolyarov A.V. Modelirovaniye svyazi krutyashchego momenta ob"yemnogo gidroprivoda s parametrami gidravlicheskogo nagruzhayushchego ustroystva [Modeling the torque of the hydraulic volume drive with the parameters of the hydraulic loading device]. Tekhnicheskii servis mashin. 2021. Vol. 59. N1(142). 72-82 (In Russian). DOI 10.22314/2618-8287-2021-59-1-72-82

DOI 10.22314/2618-8287-2021-59-1-83-88

УДК 631.372:629.114.2

## РАСШИРЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК БОРОНОВАЛЬНОГО АГРЕГАТА

*Александр Евгеньевич Слепенков, аспирант;*

*Сергей Николаевич Кулинченко, аспирант;*

*Сергей Васильевич Щитов, доктор технических наук, профессор,  
e-mail: shitov.sv1955@mail.ru;*

*Евгений Евгеньевич Кузнецов, доктор технических наук, доцент  
Дальневосточный государственный аграрный университет,  
г. Благовещенск, Российская Федерация*

**Реферат.** Повышение качества предпосевной обработки почвы служит приоритетным направлением. Боронование с использованием тяжелых дисковых борон – одна из операций предпосевной обработки почвы. Важной задачей при использовании тяжелых дисковых борон является обеспечение достаточной нагрузки на рабочий орган. (Цель исследования) Повысить эффективность процесса боронования за счет корректирования сцепного веса в звене трактор–борона с использованием специальных устройств. (Материалы и методы) Установили, что важно соблюсти необходимое условие баланса между нагрузкой на рабочий орган и тягово-сцепными качествами трактора при низкой несущей способности почвы. Разработали устройство – регулятор сцепного веса бороновального агрегата, на который получили патент. Представили фотографии общих видов соединения устройства с рамой дисковой бороны. (Результаты и обсуждение) Доказали, что предлагаемое устройство позволяет перераспределять вес агрегата, тем самым автоматически изменять нагрузку на рабочий орган. Выполнили экспериментальные исследования по влиянию основных конструктивных параметров устройств на работу машинно-тракторного агрегата. (Выводы) Установили, что предлагаемое устройство позволяет за счет расширения конструктивно-технологических параметров регулировать глубину обработки, тяговые характеристики и скорость движения бороновального агрегата.

**Ключевые слова:** трактор, боронование, почва, диск, вес, предпосевная подготовка почвы.

**Для цитирования:** Слепенков А.Е., Кулинченко С.Н., Щитов С.В., Кузнецов Е.Е. Расширение технологических характеристик бороновального агрегата // Технический сервис машин. 2021. Т. 59. N1(142). С. 83-88. DOI 10.22314/2618-8287-2021-59-1-83-88

## EXPANSION OF TECHNOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE HARROWING UNIT

*Aleksandr E. Slepencov, postgraduate;  
Sergey N. Kulichenko, postgraduate;  
Sergey V. Shchitov, Dr.Sc.(Eng.), professor;  
Evgeniy E. Kuznetsov, Dr.Sc.(Eng.), associate professor  
Far Eastern State Agrarian University,  
Blagoveshchensk, Russian Federation*

**Abstract.** Improving the quality of pre-sowing tillage is a priority direction. Harrowing with the use of heavy disc harrows is one of the operations of pre-sowing tillage. An important task when using heavy disc harrows is to ensure sufficient load on the working body. (Research purpose) The research purpose is in increasing the efficiency of the harrowing process by adjusting the coupling weight in the tractor-harrow link using special devices. (Materials and methods) It is important to match the necessary condition of balance between the load on the working body and the traction qualities of the tractor with a low load-bearing capacity of the soil. The article describes a regulator of the coupling weight of the harrowing unit, for which was applied a patent. The article presents the general types of connection of the device with the disk harrow frame. (Results and discussion) The proposed device allows you to redistribute the weight of the unit, thereby automatically changing the load on the working body. Authors performed experimental studies on the influence of the main design parameters of the devices on the operation of the machine and tractor unit. (Conclusions) The proposed device allows, by expanding the design and technological parameters, to regulate the depth of processing, traction characteristics and speed of the harrowing unit.

**Keywords:** tractor, harrowing, soil, disk, weight, pre-sowing soil preparation.

**For citation:** Slepencov A.E., Kulichenko S.N., Shchitov S.V., Kuznetsov E.E. Rasshireniye tekhnologicheskikh kharakteristik boronoval'nogo agregata [Expansion of technological characteristics of the harrowing unit]. Tekhnicheskii servis mashin. 2021. Vol. 59. N1(142). 83-88 (In Russian). OI 10.22314/2618-8287-2021-59-1-83-88

DOI 10.22314/2618-8287-2021-59-1-89-98      УДК 621.34

## ОПЕРАТИВНЫЙ МОНИТОРИНГ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫМИ РЕЖИМАМИ РЕСУРСНОЗНАЧИМЫХ АГРЕГАТОВ АВТОТРАКТОРНОЙ ТЕХНИКИ

*Илдар Исмагилович Габитов, доктор технических наук, профессор;  
Андрей Владимирович Неговора, доктор технических наук, профессор;  
Махмут Магдатович Разяпов, кандидат технических наук, доцент,  
e-mail: Mahmut\_23@mail.ru, 89613682555  
Башикирский государственный аграрный университет,  
г. Уфа, Российская Федерация*

**Реферат.** При эксплуатации автотракторной техники при низких или высоких температурах окружающей среды для поддержания в допустимом диапазоне теплового режима агрегатов, требуются различные устройства, которые существенно влияют на внутреннее энергопотребление (механические потери) и ресурс машины. В настоящее время подобная комплексная тепловая подготовка реализована только для двигателя – посредством подогрева или охлаждения охлаждающей жидкости. Для других систем и агрегатов непрерывный контроль их температуры не предусмотрен, также отсутствуют правила или четкие требования к осуществлению такой тепловой подготовки при необходимости. (Цель исследования) Расширить функциональные возможности дистанционной диагностики путем оперативного контроля и

управления температурными режимами отдельных агрегатов машины. (Материалы и методы) Использовали исследовательские методы, основанные на применении стандартных методик; объектом исследований стала система комплексной тепловой автотракторной техники. Отметили, что, кроме подогрева двигателя перед запуском, в оптимизации теплового режима нуждаются и другие системы и агрегаты, большая часть которых может быть объединена в комплексную систему тепловой подготовки. (Результаты и обсуждение) Оценили в результате экспериментальных исследований комплексной системы тепловой подготовки, смонтированной на автомобиле КАМАЗ, динамику изменения температуры различных агрегатов в процессе их тепловой подготовки. Установили, что мониторинг и управление температурным режимом агрегатов автотракторной техники позволят снизить внутренние потери мощности и повысить ресурс агрегатов, подверженных температурному воздействию. (Выводы) Внедрение комплексной системы тепловой подготовки, интеллектуально и функционально связанной с системой удаленного мониторинга, позволит значительно повысить срок службы агрегатов, наиболее подверженных температурным воздействиям.

**Ключевые слова:** удаленная диагностика, оперативный мониторинг, тепловой режим агрегатов, генератор горячих газов, комплексная тепловая подготовка, обогрев двигателя.

**Для цитирования:** Габитов И.И., Неговора А.В., Разяпов М.М. Оперативный мониторинг и управление температурными режимами ресурснозначимых агрегатов автотракторной техники // Технический сервис машин. 2021. Т. 59. N1(142). С. 89-98. DOI 10.22314/2618-8287-2021-59-1-89-98

## OPERATIONAL MONITORING OF TEMPERATURE CONDITIONS OF RESOURCE-SIGNIFICANT AGGREGATES ON AUTOMOTIVE EQUIPMENT

*Ildar I. Gabitov, Dr.Sc.(Eng.), professor;  
Andrey V. Negovora, Dr.Sc.(Eng.), professor;  
Makhmut M. Razyapov, Ph.D.(Eng.), associate professor  
Bashkir State Agrarian University, Ufa, Russian Federation*

**Abstract.** When operating automotive equipment at low or high ambient temperatures, various devices are required to maintain the thermal regime of the units in the permissible range, which significantly affect the internal energy consumption and the service life of the machine. Currently, such a complex thermal preparation is implemented only for the engine by heating or cooling the coolant. For other systems and units, continuous monitoring of their temperature is not provided, and there are no rules or clear requirements for the implementation of such heat preparation. (Research purpose) The research purpose is in expanding the functionality of remote diagnostics by operational monitoring and control of the temperature conditions of individual machine units. (Materials and methods) Authors used research methods based on the application of standard techniques, the object of research was the system of integrated thermal automotive equipment. In addition to heating the engine before starting, other systems and units need to optimize the thermal regime, most of which can be combined into a comprehensive heat treatment system. (Results and discussion) As a result of experimental studies of the integrated heat treatment system mounted on a KAMAZ vehicle, the dynamics of temperature changes in various units during their heat treatment were and presented. Monitoring and controlling the temperature regime of automotive equipment units will reduce internal power losses and increase the service life of units exposed to temperature. (Conclusions) The introduction of a comprehensive heat treatment system, intelligently and functionally linked to a remote monitoring system, will significantly increase the service life of the units most exposed to temperature influences.

**Keywords:** remote diagnostics, operational monitoring, thermal conditions of units, hot gas generator, complex thermal treatment, engine heating.

**For citation:** Gabitov I.I., Negovora A.V., Razyapov M.M. Operativnyy monitoring i upravleniye temperaturnymi rezhimami resursnoznachimyykh agregatov avtotraktornoy tekhniki [Operational monitoring of temperature conditions of resource-significant aggregates on automotive equipment]. Tekhnicheskiiy servis mashin. 2021. Vol. 59. N1(142). 89-98 (In Russian). DOI 10.22314/2618-8287-2021-59-1-89-98

DOI 10.22314/2618-8287-2021-59-1-100-106 УДК 620.169.2

## ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ УЗЛОВ ТРЕНИЯ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ ИЗ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ

<sup>1</sup>Егор Олегович Решиков, младший научный сотрудник;

<sup>2</sup>Илья Владимирович Романов, младший научный сотрудник;  
<sup>2</sup>Роман Николаевич Задорожний, кандидат технических наук,  
ведущий научный сотрудник, e-mail: gosniti1953@mail.ru  
<sup>1</sup>Институт машиноведения им. А.А. Благонравова  
Российской академии наук, Москва, Российская Федерация  
<sup>2</sup>Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ,  
Москва, Российская Федерация

**Реферат.** Важнейшие преимущества титановых сплавов перед другими конструкционными материалами состоят в их высокой удельной прочности и жаропрочности в сочетании с высокой коррозионной стойкостью и низкой плотностью. Несмотря на все положительные характеристики титановых сплавов, их триботехнические свойства очень плохие, что ограничивает применение данных материалов в подвижных соединениях. (Цель исследования) Повысить износостойкость и надежность узлов трения, изготовленных из титановых сплавов, при помощи электроискровой обработки. (Материалы и методы) Использовали для исследования образцы – диски диаметром 60 и толщиной 5 миллиметров из твердого сплава марки VT20, установку ЭИО «БИГ-1М», рентгенофлуоресцентный спектрометр Niton XL3t, профилограф-профилометр Surtronic, трибометр TRB-S-DE-0000, микроскоп OLYMPUS GX51. (Результаты и обсуждение) Наносили покрытия на образцы из титанового сплава методом электроискровой обработки электродами из разных материалов. Исследовали триботехнические характеристики таких покрытий в соответствии со стандартом ASTM G99. Определили, что шероховатость образцов после электроискровой обработки значительно превышает шероховатость необработанного образца. По результатам экспериментов выбирали наиболее оптимальный материал электрода для повышения износостойкости поверхностей титановых сплавов. Установили, что титановый сплав после электроискровой обработки графитовым электродом обладает высокой износостойкостью и низким коэффициентом трения; графит, нанесенный на поверхность образца, не образует прочное покрытие, а играет роль твердой смазки, постепенно расходуемой в процессе изнашивания. (Выводы) Наилучшей износостойкостью и наименьшим коэффициентом трения обладают поверхности, полученные с помощью графитового электрода.

**Ключевые слова:** титановые сплавы, износостойкость, узлы трения, триботехника, электроды, электроискровая обработка.

**Для цитирования:** Решиков Е.О., Романов И.В., Задорожний Р.Н. Повышение надежности узлов трения, изготовленных из титановых сплавов // Технический сервис машин. 2021. Т. 59. N1(142). С. 100-106. DOI 10.22314/2618-8287-2021-59-1-100-106

## INCREASING THE RELIABILITY OF FRICTION UNITS MADE OF TITANIUM ALLOYS

<sup>1</sup>Egor O. Reshchikov, junior researcher;

<sup>2</sup>Ilya V. Romanov, junior researcher;

<sup>2</sup>Roman N. Zadorozhniy, Ph.D.(Eng.), leading researcher

<sup>1</sup>Institute of Mechanical Engineering named after A.A. Blagonravova

Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation

<sup>2</sup>Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation

**Abstract.** The most important advantages of titanium alloys over other structural materials are their high specific strength and heat resistance, combined with high corrosion resistance and low density. Despite all the positive characteristics of titanium alloys, their tribotechnical properties are very poor, which limits the use of these materials in moving joints. (Research purpose) The research purpose is in increasing the wear resistance and reliability of friction units made of titanium alloys by means of electric spark processing. (Materials and methods) For the study there was used samples of disks with a diameter of 60 and a thickness of 5 millimeters made of a hard alloy of the VT20 brand, an EIO "BIG-1M" installation, a Niton XL3t X-ray fluorescence spectrometer, a Surtronic profilometer, a TRB-S-DE-0000 tribometer, and an OLYMPUS GX51 microscope. (Results and discussion) Coatings were applied to samples made of titanium alloy by electric spark treatment with electrodes made of different materials. The tribotechnical characteristics of such coatings were studied in accordance with the ASTM G99 standard. It was found that the roughness of the samples after electric spark treatment significantly exceeds the roughness of the untreated sample. According to the results of the experiments, the most optimal electrode material was selected to increase the wear resistance of the

surfaces of titanium alloys. The titanium alloy after electric spark treatment with a graphite electrode has a high wear resistance and a low coefficient of friction; graphite deposited on the surface of the sample does not form a strong coating, but plays the role of a solid lubricant that is gradually consumed during wear. (Conclusions) The surfaces obtained with the graphite electrode have the best wear resistance and the lowest friction coefficient.

**Keywords:** titanium alloys, wear resistance, friction units, tribotechnics, electrodes, electric spark machining.

**For citation:** Reshchikov E.O., Romanov I.V., Zadorozhnyi R.N. Povysheniye nadezhnosti uzlov treniya, izgotovlennykh iz titanovykh splavov [Increasing the reliability of friction units made of titanium alloys]. Tekhnicheskii servis mashin. 2021. Vol. 59. N1(142). 100-106 (In Russian). DOI 10.22314/2618-8287-2021-59-1-100-106

DOI 10.22314/2618-8287-2021-59-1-107-114 УДК 621.791.927

## ИЗМЕНЕНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ И МИКРОТВЕРДОСТИ СТАЛИ 65Г ПОСЛЕ ТЕРМОУПРОЧНЕНИЯ И НАПЛАВКИ МАЛОУГЛЕРОДИСТЫМ ЭЛЕКТРОДОМ

*Александр Михайлович Михальченков, доктор технических наук,  
профессор, e-mail: mihalchenkov.alexandr@yandex.ru;*

*Сергей Александрович Феськов, кандидат технических наук,  
доцент кафедры;*

*Ирина Владимировна Козарез, кандидат технических наук, доцент;*

*Елена Ивановна Слезко, кандидат биологических наук,  
доцент кафедры*

*Брянский государственный аграрный университет,  
г. Брянск, Российская Федерация*

**Реферат.** При армировании поверхностей деталей рабочих органов почвообрабатывающих орудий производят наплавку электродами с малоуглеродистым стержнем. Контактующая с почвой поверхность не подвергается термической обработке. В последнее время применяют термоупрочнение локальных участков деталей. (Цель исследования) Изучить трансформацию микроструктуры наплавленного электродом с малоуглеродистым стержнем участка термоупрочненной стали 65Г, а также специфику распределения микротвердости на данном участке. (Материалы и методы) Провели исследование структур в поперечном сечении наплавленного участка по стандартной методике, состоящей в подготовке микрошлифов, травлении и микроанализе. (Результаты и обсуждение) Определили, что трансформация микроструктуры участка термоупрочненной стали 65Г, наплавленного электродом с малоуглеродистым стержнем, носит сложный характер вследствие специфичности и многогранности фазовых превращений, имеющих место в период ее формирования. Установили, что этюра распределения микротвердости в поперечном сечении области наплавки имеет сложную конфигурацию, определяемую разнообразием структурных составляющих, присутствием деформационных процессов при кристаллизации и затвердевании и наличием предварительного термоупрочнения основного металла. (Выводы) Повышенные значения твердости отдельных областей способствуют увеличению абразивной износостойкости детали. Наличие зоны сплавления обеспечивает стойкость наплавленной области к трещинообразованию. Зона термического влияния имеет четыре четко различимые области: падения микротвердости; стабильных значений по методу Виккерса; околосшовную зону; зону сплавления. Микротвердость поверхности наплавленного валика достигает 410 по методу Виккерса или 42 по методу Роквелла, что создает дополнительные условия для повышения износостойкости поверхности трения. Использование электродов с малоуглеродистым стержнем целесообразно при проведении наплавочного армирования термоупрочненных сталей.

**Ключевые слова:** термообработка, наплавка, микроструктура, малоуглеродистый электрод, рессорно-пружинная сталь, зоны наплавки, распределение микротвердости.

**Для цитирования:** Михальченков А.М., Феськов С.А., Козарез И.В., Слезко Е.И. Изменение микроструктуры и микротвердости стали 65Г после термоупрочнения и наплавки малоуглеродистым электродом // Технический сервис машин. 2021. Т. 59. N1(142). С. 107-114. DOI 10.22314/2618-8287-2021-59-1-107-114

# CHANGES IN THE MICROSTRUCTURE AND MICROHARDNESS OF 65G STEEL AFTER THERMAL HARDENING AND SURFACING WITH A LOW-CARBON ELECTRODE

*Aleksandr M. Mikhal'chenkov, Dr.Sc.(Eng.), professor;  
Sergey A. Fes'kov, Ph.D. (Eng.), associate professor of the department;  
Irina V. Kozarez, Ph.D.(Eng.), associate professor;  
Elena I. Slezko, Ph.D. (Bio.), associate professor of the department  
Bryansk State Agrarian University, Bryansk, Russian Federation*

**Abstract.** *When reinforcing the surfaces of the working bodies of tillage tools, they are surfaced with electrodes with a low-carbon rod. The surface in contact with the soil is not subjected to heat treatment. Recently, thermal hardening of local parts has been used. (Research purpose) The research purpose is in studying the transformation of the microstructure of 65G heat-strengthened steel deposited by an electrode with a low-carbon rod, as well as the specifics of the microhardness distribution in this section. (Materials and methods) Investigated in the cross-section of the structure of the deposited area by the standard method, consisting in the preparation of microsections, etching and directly microanalysis. (Results and discussion) The transformation of the microstructure of heat-strengthened steel 65G deposited by an electrode with a low-carbon rod is complex due to the specificity and versatility of the phase transformations that occur during its formation. The microhardness distribution plot in the cross-section of the surfacing area has a complex configuration, determined by the variety of structural components, the presence of deformation processes during crystallization and solidification, and the presence of preliminary thermal hardening of the base metal. (Conclusions) Increased values of the hardness of individual areas contribute to an increase in the abrasive wear resistance of the part. The presence of the fusion zone ensures the resistance of the deposited area to cracking. The zone of thermal influence has four clearly distinguishable areas: the drop in microhardness; the stable values according to the Vickers method; the near-shock zone; the fusion zone. The microhardness of the weld surface of the cushion is 410 Vickers or 42 Rockwell, which creates conditions for increasing the wear resistance of the surface friction. The use of electrodes with a low-carbon rod is advisable when conducting surfacing reinforcement of heat-strengthened steels.*

**Keywords:** *heat treatment, surfacing, microstructure, low-carbon electrode, spring steel, surfacing zones, microhardness distribution.*

**For citation:** Mikhal'chenkov A.M., Fes'kov S.A., Kozarez I.V., Slezko E.I. *Izmeneniye mikrostruktury i mikrotverdosti stali 65G posle termouprochneniya i naplavki malouglerodistym elektrodom* [Changes in the microstructure and microhardness of 65G steel after thermal hardening and surfacing with a low-carbon electrode]. *Tekhnicheskiiy servis mashin.* 2021. Vol. 59. N1(142). 107-114 (In Russian). DOI 10.22314/2618-8287-2021-59-1-107-114

DOI 10.22314/2618-8287-2021-59-1-115-123

УДК 658.5(075.8)

## ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПРОЕКТОВ РЕМОНТНО-ОБСЛУЖИВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПОЗИЦИОННЫХ ЦЕНТРОВ

*Владимир Петрович Иванов, доктор технических наук,  
профессор, e-mail: ivprem@tut.by;  
Татьяна Владимировна Вигерина, кандидат технических наук, доцент  
Полоцкий государственный университет,  
г. Новополоцк, Республика Беларусь*

**Реферат.** *Учебные и научные издания ориентируют будущих специалистов ремонтно-обслуживающего профиля при изучении дисциплины по проектированию предприятий на оптимизацию технических решений по критериям минимальных производственной площади помещений и здания и транспортной работы по перемещению машин и агрегатов, но качественных и количественных методов этой оптимизации не предлагают. (Цель исследования) Выработать мероприятия, обеспечивающие снижение производственной площади и транспортной работы по перемещению изделий при реконструкции и техническом перевооружении ремонтно-обслуживающих предприятий. (Материалы и методы) Применили геометрическую оптимизацию*

по критериям транспортной работы по перемещению ремонтируемых и обслуживаемых изделий и производственной площади производственного корпуса. Отметим, что компоновочное решение производственного здания подчинено технологическим требованиям, ограничениям по безопасности труда и обусловлено рациональным расположением участков, минимальной транспортной работой по перемещению обслуживаемых (ремонтируемых) изделий, а также организацией движения людских потоков. (Результаты и обсуждение) Ввели в проектную практику понятие композиционного центра в компоновке производственного корпуса ремонтно-обслуживающего предприятия. Обосновали расположение друг относительно друга участков технического обслуживания и текущего ремонта эксплуатационного и комплексного обслуживающего предприятия, а также разборочно-очистного, восстановления деталей и комплектно-сборочного участков ремонтного предприятия, обеспечивающее перемещение изделий наибольшего веса по траекториям наименьшей длины. (Выводы) Использование композиционных центров в проектных работах при реконструкции и техническом перевооружении производственных участков эксплуатационных, обслуживающих и ремонтных предприятий с процедурой оптимизации позволяет получать компоновку корпуса с минимальной производственной площадью и наименьшей транспортной работой по перемещению ремонтируемых или обслуживаемых изделий.

**Ключевые слова:** ремонт, обслуживание, предприятие, производственный корпус, компоновка, производственный участок, планировка, композиционный центр, грузопоток, транспортная работа, оптимизация.

**Для цитирования:** Иванов В.П., Вигерина Т.В. Повышение качества проектов ремонтно-обслуживающих предприятий с использованием композиционных центров // Технический сервис машин. 2021. Т. 59. N1(142). С. 115-123. DOI 10.22314/2618-8287-2021-59-1-115-123

## IMPROVING THE QUALITY OF PROJECTS OF REPAIR COMPANIES USING COMPOSITION CENTERS

*Vladimir P. Ivanov, Dr.Sc.(Eng.), professor;  
Tat'yana V. Vigerina, Ph.D.(Eng.), associate professor  
Polotsk State University, Novopolotsk, Republic of Belarus*

**Abstract.** Educational and scientific publications orient future specialists of the repair and maintenance profile when studying the discipline of enterprise design to optimize technical solutions according to the criteria of minimum production area of premises and buildings and transport work for moving machines and aggregates, but they do not offer qualitative and quantitative methods of this optimization. (Research purpose) The research purpose is in developing the measures to reduce the production area and transport work on the movement of products during the reconstruction and technical re-equipment of repair and maintenance enterprises. (Materials and methods) Geometric optimization according to the criteria of transport work for the movement of repaired and serviced products and the production area of the production building has been used during the study. The layout decision of the industrial buildings subject to technological requirements, restrictions, safety and rational due to the location of the plots, the minimum transport equation serviced (repairable) goods and traffic flows. (Results and discussion) The article presents the concept of a composite center in the layout of the production building of a repair and maintenance enterprise in design practice. The location relative to each other plots of maintenance and repair of operational and integrated operating company, as well as disassembly and cleaning, restoration of parts and a pick-assembly plots repair company that will ensure the movement of goods heaviest path of least length are justified. (Conclusions) The use of composite centers in design work during the reconstruction and technical re-equipment of production sites of operational, maintenance and repair enterprises with the optimization procedure allows you to obtain a housing layout with a minimum production area and the least transport work to move the repaired or serviced products.

**Keywords:** repair, maintenance, enterprise, production building, layout, production area, layout, compositional center, freight traffic, transport work, optimization.

**For citation:** Ivanov V.P., Vigerina T.V. Povysheniye kachestva proyektov remontno-obsluzhivayushchikh predpriyatiy s ispol'zovaniyem kompozitsionnykh tse ntrov [Improving the quality of projects of repair companies using composition centers]. Tekhnicheskii servis mashin. 2021. Vol. 59. N1(142). 115-123 (In Russian). DOI 10.22314/2618-8287-2021-59-1-115-123



# АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ИЗМЕНЕНИЯ СВОЙСТВ И СТРУКТУРЫ МАТЕРИАЛА ОБРАЗЦОВ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ СТАБИЛИЗАЦИИ

<sup>1</sup>Тимур Асхатович Балтаев, кандидат технических наук,  
e-mail: statmail\_87@mail.ru;

<sup>2</sup>Роза Ибраимовна Джусупкалиева, магистр,

<sup>3</sup>Анна Зинуиловна Сагыналиева, старший преподаватель

<sup>1</sup>Казахстанский университет инновационных и телекоммуникационных систем, г. Уральск, Республика  
Казахстан

<sup>2</sup>Высшая школа «Нефти, газа и химической инженерии» Западно-Казахстанского аграрно-технического  
университета

им. Жангир хана, г. Уральск, Республика Казахстан

<sup>3</sup>Высшая школа «Транспорт и инженерная защита»

Западно-Казахстанского аграрно-технического университета

им. Жангир хана, г. Уральск, Республика Казахстан

**Реферат.** Важнейшей задачей прецизионного машиностроения на современном этапе становится разработка более эффективных технологических процессов изготовления деталей, обеспечивающих не только достижение высокой точности при минимуме затрат, но и сохранение первоначальных показателей точности в течение всего срока службы изделия. (Цель исследования) Изучить возможное негативное влияние воздействия ультразвуковых механических колебаний в процессе стабилизации деформации круглых пластин на предмет образования различного рода микротрещин, вследствие которых произойдет резкое сокращение ресурса изделия в целом, и произвести сравнительный анализ изменения свойств и структуры материала. (Материалы и методы) Обработали половину подготовленных образцов по термомеханической технологии, основанной на циклическом воздействии жидкости или газа в разных температурных режимах, другую часть образцов – предлагаемой технологией, основанной на способе ультразвукового механического воздействия. Подготовили торцевой разрез круглой пластины для обоих вариантов обработки. (Результаты и обсуждение) Установили, что в структуре материала обоих образцов, обработанных разными методами, присутствуют определенные расслоения типа микротрещин, вызванные пластическим воздействием, но у материала образца, обработанного стандартным методом структура более грубая, концентрация микротрещин в материале образца, обработанного методом ультразвукового воздействия, не превышает концентрацию микротрещин материала образца, обработанного стандартным способом. (Выводы) Изменение структуры материала круглой пластины после ультразвуковой обработки может не оказывать отрицательного влияния и не отражаться на долговечности изделия в процессе эксплуатации. При правильном выборе режима ультразвукового воздействия в процессе обработки можно достичь более равномерного снижения напряжения, повысить качество и эффективность процесса. Ультразвуковая обработка повышает механические характеристики материала, такие как предел прочности и пропорциональности.

**Ключевые слова:** пластическое течение, пластическая деформация, циклическое деформирование, ультразвуковая стабилизация, энергия ультразвука, внутренние напряжения, потенциальная энергия насыщения материала, гистерезис.

**Для цитирования:** Балтаев Т.А., Джусупкалиева Р.И., Сагыналиева А.З. Анализ процесса изменения свойств и структуры материала образцов под воздействием ультразвуковой стабилизации // Технический сервис машин. 2021. Т. 59. N1(142). С. 124-130. DOI 10.22314/2618-8287-2021-59-1-124-130

## ANALYSIS OF PROPERTIES AND STRUCTURE CHANGE PROCESS SAMPLES MATERIAL UNDER EXPOSURE ULTRASONIC STABILIZATION

<sup>1</sup>Timur A. Baltayev, Ph.D.(Eng.);

<sup>2</sup>Roza I. Dzhusupkaliyeva, MSc student;

<sup>3</sup>Anna Z. Sagynaliyeva, chief lecturer

<sup>1</sup>Kazakhstan University of Innovation and Telecommunication Systems, Uralsk, Republic of Kazakhstan

<sup>2</sup> "Oil, Gas and Chemical Engineering" High School of the West Kazakhstan Agrarian Technical University

**Abstract.** The most important task of precision engineering on the modern stage is the development of effective technological processes of manufacturing, providing not only achieving high precision at low costs, but also retaining the original in terms of accuracy throughout the life of the product. (Research purpose) The research purpose is in studying the possible negative effect of ultrasonic mechanical vibration in the process of stabilizing the deformation of circular plates on the subject of appearing of various kinds of micro-cracks, which result will be a sharp decrease in resource products in general, and to make a comparative analysis of changes in the properties and structure of the material. (Materials and methods) Half of the prepared samples were processed using a thermomechanical technology based on the cyclic action of a liquid or gas in different temperature conditions, the other part of the samples was processed using the proposed technology based on the method of ultrasonic mechanical action. The end section of the round plate for both processing options was prepared. (Results and discussion) In the structure of the material of both the samples treated by different methods, there are certain bundles of the micro-cracks type caused by plastic impact. The structure of sample material processed by standard method is more rough, the concentration of microcracks in the material of the sample treated by ultrasonic impact does not exceed the concentration of microcracks of the sample material processed in a standard way. (Conclusions) Changing the structure of the material of the round plate after ultrasonic treatment may not have a negative impact and does not affect the durability of the product during operation. With the correct choice of the ultrasonic treatment mode, a more uniform stress reduction can be achieved during the processing, and the quality and efficiency of the process can be improved. Ultrasonic processing increases the mechanical characteristics of the material, such as tensile strength and proportionality.

**Keywords:** plastic flow, plastic deformation, cyclic deformation, ultrasonic stabilization, ultrasound energy, internal stresses, potential saturation energy of the material, hysteresis.

**For citation:** Baltayev T.A., Dzhusupkaliyeva R.I., Sagynaliyeva A.Z. Analiz protsessa izmeneniya svoystv i struktury materiala obraztsov pod vozdeystviyem ul'trazvukovoy stabilizatsii [Analysis of changing the properties and structure of the sample material under the ultrasonic stabilization]. Tekhnicheskiy servis mashin. 2021. Vol.59. N1(142). 124-130 (In Russian). DOI 10.22314/2618-8287-2021-59-1-124-130

DOI 10.22314/2618-8287-2021-59-1-131-139

УДК 620.184

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПОРИСТОСТИ КОМПОЗИТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ НА ОСНОВЕ 3D-ПЕЧАТНЫХ КАРКАСОВ, ПРОПИТАННЫХ ЭПОКСИДНОЙ СМОЛОЙ

*Юлия Александровна Лопатина, научный сотрудник,*

*e-mail: lopatina.julia@yandex.ru;*

*Вячеслав Александрович Денисов, доктор технических наук,*

*главный научный сотрудник*

*Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ,*

*Москва, Российская Федерация*

**Реферат.** В конструкциях современных машин применяется все больше полимерных деталей, одновременно возникает проблема их быстрой замены в случае выхода из строя. Снижение стоимости и сроков ремонта может быть достигнуто при использовании 3D-печати методом FDM, однако такие детали не всегда демонстрируют необходимую прочность. Для повышения их механических свойств ранее был предложен метод пропитки деталей после печати в эпоксидных смолах. (Цель исследования) Изучить зависимость пористости композитных конструкций на основе 3D-печатных каркасов, пропитанных смолой, от параметров их изготовления. (Материалы и методы) Использовали образцы для первого этапа работы, представляющие собой 3D-печатные цилиндры с различной толщиной стенок и внутренней геометрией, пропитанные эпоксидной смолой ЭД-20. Разрезали образцы в нескольких сечениях и посчитали количество попавших в эти сечения пор. Второй этап эксперимента состоял в оценке пористости детали сложной геометрии. (Результаты и обсуждение) Установили, что с увеличением процента заполнения и утолщением стенки при 3D-печати прослеживается тенденция к уменьшению количества пор. Предположили, что при менее плотном заполнении каркаса и более тонкой стенке смола хуже удерживается в изделии и после пропитки частично вытекает. Лучшее заполнение детали сложной формы наблюдалось при ее

отверждению в положении массивной частью вверх. (Выводы) Для изготовления качественных деталей из композита на основе 3D-печатных каркасов, пропитанных эпоксидной смолой, рекомендуется выбирать как можно больший процент заполнения при 3D-печати и стремиться располагать деталь в процессе отверждения после пропитки массивной частью вверх.

**Ключевые слова:** композиционный материал, пористость, 3D-печать, аддитивные технологии, полимер, ремонт.

**Для цитирования:** Лопатина Ю.А., Денисов В.А. Исследование пористости композитных конструкций на основе 3D-печатных каркасов, пропитанных эпоксидной смолой // Технический сервис машин. 2021. Т. 59. N1(142). С. 131-139. DOI 10.22314/2618-8287-2021-59-1-131-139

## POROSITY OF COMPOSITE STRUCTURES BASED ON 3D-PRINTED FRAMES IMPREGNATED WITH EPOXY RESIN

*Yuliya A. Lopatina, researcher*

*Vyacheslav A. Denisov, Dr.Sc.(Eng.), chief researcher*

*Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation*

**Abstract.** *In the designs of modern machines, more and more polymer parts are used, at the same time, there is a problem of their quick replacement in case of failure. Reducing the cost and repair time can be achieved by using 3D printing by FDM method, but such parts do not always demonstrate the necessary strength. To improve their mechanical properties, a method of their impregnation after printing in epoxy resins was previously proposed. (Research purpose) The research purpose is in studying the dependence of the porosity of composite structures based on 3D-printed frames impregnated with resin on the parameters of their manufacture. (Materials and methods) Authors used samples for the first stage of the work, which are 3D-printed cylinders with different wall thicknesses and internal geometries, impregnated with ED-20 epoxy resin. The samples were cut in several sections and the number of pores in these sections was calculated. The second stage of the experiment was to evaluate the porosity of a part of complex geometry. (Results and discussion) With an increase in the percentage of filling and thickening of the wall in 3D printing, there is a tendency to reduce the number of pores. With a less dense filling of the frame and a thinner wall, the resin is worse retained in the product and partially flows out after impregnation. The best filling of a part of a complex shape was observed when it was cured in the position of the massive part up. (Conclusions) For the production of high-quality composite parts based on 3D-printed frames impregnated with epoxy resin, it is recommended to choose the largest possible percentage of filling during 3D printing and strive to position the part during the curing process after impregnation with the massive part up.*

**Keywords:** *composite material, porosity, 3D printing, additive technologies, polymer, repair.*

**For citation:** Lopatina Yu.A., Denisov V.A. Issledovaniye poristosti kompozitnykh konstruktsiy na osnove 3D-pечатnykh karkasov, propitannykh epoksidnoy smoloy [Porosity of composite structures based on 3d-printed frames impregnated with epoxy resin]. Tekhnicheskii servis mashin. 2021. Vol. 59. N1(142). 131-139 (In Russian). DOI 10.22314/2618-8287-2021-59-1-131-139

DOI 10.22314/2618-8287-2021-59-1-140-147    УДК 621.793

## СИНТЕЗ АНТИФРИКЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ МЕТОДОМ ФАБО

*Алексей Геннадьевич Ипатов, кандидат технических наук,*

*доцент кафедры, e-mail: Ipatow.al@yandex.ru;*

*Сергей Николаевич Шмыков, кандидат экономических наук,*

*доцент кафедры*

*Ижевская государственная сельскохозяйственная академия,*

*г. Ижевск, Российская Федерация*

**Реферат.** *В представленной работе предложена технология получения антифрикционных покрытий методом финишной антифрикционной безабразивной обработки с реализацией эффекта безызносности. (Цель исследования) Разработать эффективную технологию получения на поверхности стальных деталей типа «вал» медных покрытий для снижения интенсивности изнашивания в условиях масляного голодания деталей машин. (Материалы и методы) Разработали лабораторную установку для синтеза на поверхности стальных деталей антифрикционных покрытий методом финишной антифрикционной*

безабразивной обработки. Использовали латунь марки ЛС-59-1 в качестве материала для нанесения медного антифрикционного покрытия. С целью активации поверхности детали и поверхности присадочного материала использовали технологическую среду на основе десятипроцентного раствора соляной кислоты и глицерина. Определили состав технологической среды эмпирическим путем. Подвергли полученные лабораторные образцы трибологическим исследованиям в сравнении со стандартными антифрикционными сплавами. Выполнили рентгеноструктурные исследования для определения фазового состава. (Результаты и обсуждение) Установили в результате рентгеноструктурных исследований лабораторных образцов наличие компонентов железа и меди в синтезируемом покрытии. Выявили, что содержание окислов на поверхности покрытия незначительно, внутренняя структура плотная с отсутствием видимой пористости. Покрытие на 95 процентов состоит из меди, процесс синтеза происходит без окисления, что придает покрытию высокую адгезионную и когезионную прочность. Определили, что толщина покрытия равномерная и колеблется в пределах 3-5 микрометров. (Выводы) Сравнительные трибологические исследования показали высокую стойкость к изнашиванию и к схватыванию контактирующих поверхностей в условиях масляного голодания. Коэффициент трения стабильный и низкий и составляет 0,08-0,15. Разработанная технология позволяет в кратчайшие сроки и с минимальными материальными затратами повысить износостойкость стальных деталей типа «вал» и может быть успешно реализована в условиях ремонтных предприятий.

**Ключевые слова:** износостойкость, латунирование, финишная антифрикционная безабразивная обработка, низкий коэффициент трения, эффект безызносности.

**Для цитирования:** Ипатов А.Г., Шмыков С.Н. Синтез антифрикционных покрытий методом ФАБО // Технический сервис машин. 2021. Т 59. N1(142). С. 140-147. DOI 10.22314/2618-8287-2021-59-1-140-147

## SYNTHESIS OF ANTIFRICTION COATINGS BY THE FABO METHOD

*Aleksey G. Ipatov, Ph.D. (Eng.), associate professor;  
Sergey N. Shmykov, Ph.D. (Econ.), associate professor*

*Izhevsk State Agricultural Academy, Izhevsk, Российская Федерация*

**Abstract.** *In the paper, the technology of obtaining antifriction coatings by the method of finishing antifriction-free abrasive treatment with the implementation of the wear-free effect is proposed. (Research purpose) The research purpose is in developing an effective technology for obtaining copper coatings on the surface of steel parts of the shaft type to reduce the wear rate in the conditions of oil starvation of machine parts. (Materials and methods) During the study, a laboratory facility for the synthesis of antifriction coatings on the surface of steel parts by the method of finishing antifriction-free abrasive treatment has been developed. Brass of the LS-59-1 brand was used as a material for applying a copper antifriction coating. In order to activate the surface of the part and the surface of the filler material, a technological medium based on a ten percent solution of hydrochloric acid and glycerol was used. Authors determined the composition of the technological environment empirically. The obtained laboratory samples were subjected to tribological studies in comparison with standard antifriction alloys. X-ray diffraction studies were performed to determine the phase composition. (Results and discussion) As a result of X-ray diffraction studies of laboratory samples, the presence of iron and copper components in the synthesized coating was studied. The content of oxides on the surface of the coating is insignificant, the internal structure is dense with no visible porosity. The coating consists of 95 percent copper, the synthesis process takes place without oxidation, which gives the coating a high adhesive and cohesive strength. The coating thickness is uniform and varies within 3-5 micrometers. (Conclusions) Comparative tribological studies have shown high resistance to wear and to the setting of the contact surfaces under conditions of oil starvation. The coefficient of friction is stable and low and is in the range of 0.08-0.15. The developed technology makes it possible to increase the wear resistance of steel parts of the shaft type in the shortest possible time and with minimal material costs and can be successfully implemented in the conditions of repair enterprises.*

**Keywords:** *wear resistance, brass plating, finishing antifriction nonabrasive treatment, low friction coefficient, wear-free effect.*

**For citation:** Ipatov A.G., Shmykov S.N. Sintez antifriktsionnykh pokrytiy metodom FABO [Synthesis of antifriction coatings by the FABO method]. Tekhnicheskii servis mashin. 2021. Vol. 59. N1(142). 140-147(In Russian). DOI 10.22314/2618-8287-2021-59-1-140-147

# ГЕОМЕТРИЯ ОСТОВОВ СОСТАВНЫХ ПЛУЖНЫХ ЛЕМЕХОВ КОМПАНИИ «КУН» ПОСЛЕ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

*Александр Михайлович Михальченков, доктор технических наук, профессор, e-mail: mihalchenkov.alexandr@yandex.ru;*

*Ирина Владимировна Козарез, кандидат технических наук, доцент;*

*Александр Александрович Гуцан, аспирант;*

*Валентина Евгеньевна Гапонова, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры Брянский государственный аграрный университет, г. Брянск, Российская Федерация*

**Реферат.** *Широкое применение плугов импортного производства остро ставит вопрос об обеспечении надлежащей долговечности их деталей. Лемеха – наиболее нагруженные конструктивные элементы с точки зрения изнашивания. Отсутствие достоверных сведений об износах, их специфике и геометрии изношенной части затрудняет разработку эффективных технологий восстановления. (Цель исследования) Изучить специфику геометрии подрезающей части остовов составных плужных лемехов производства компании «КУН» после снятия их с эксплуатации. (Материалы и методы) Использовали лемеха в качестве контролируемых деталей, которые применяли при вспашке супесчаных и легкосуглинистых почв. Их количество составило 60 единиц, что отвечает правилам вероятностно-статистической обработки в соответствии с критерием Шапиро-Уилка. (Результаты и обсуждение) Определили, что минимальные значения остаточной ширины имеют место в области пятки для всех исследуемых лемехов, что объясняется сравнительно невысокой жесткостью исследуемой области, а также наличием существенных вибраций. Установили, что если износ составляет около 80 миллиметров, то невозможно провести восстановление остова методом компенсирующих элементов из-за недостаточной жесткости конструкции. Отметили, что у большинства остовов остаточная ширина составляет около 85 миллиметров, и в этом в случае возможно осуществить реновацию лемеха. Характер эюр распределения остаточной ширины по длине остова примерно одинаков для большинства деталей и отличается уменьшением минимальных значений остаточной ширины от носовой части к области пятки при наличии их резкого снижения на участке от носка до сечения, проходящего через среднее крепежное отверстие. (Выводы) Ширина ремонтной вставки регламентируется минимальным значением остаточной ширины остова. Профиль изношенной области фактически одинаков для всех деталей. В массиве изучаемых деталей имеются изделия, у которых профили и значения остаточной ширины существенно отличаются от типичных.*

**Ключевые слова:** *профиль износа, остов лемеха, составные лемеха, эксплуатация, ремонтные вставки.*

**Для цитирования:** Михальченков А.М., Козарез И.В., Гуцан А.А., Гапонова В.Е. Геометрия остовов составных плужных лемехов компании «КУН» после их эксплуатации // Технический сервис машин. 2021. Т. 59. N1(142). С. 148-153. DOI 10.22314/2618-8287-2021-59-1-148-153.

## GEOMETRY OF THE FRAMES OF COMPOSITE PLOUGHSHARES OF THE COMPANY "KUNH" AFTER THEIR OPERATION

*Aleksandr M. Mikhal'chenkov, Dr.Sc.(Eng.), professor;*

*Irina V. Kozarez, Ph.D. (Eng.), associate professor;*

*Aleksandr A. Gutsan, postgraduate;*

*Valentina E. Gaponova, Ph.D.(Agri.), associate professor*

*Bryansk State Agrarian University,*

*Bryansk, Russian Federation*

**Abstract.** *The widespread use of imported plows raises the question of ensuring the proper durability of their parts. Ploughshare is the most loaded structural elements in terms of wear. The lack of reliable information about wear, its specifics and the geometry of the worn part makes it difficult to develop effective recovery technologies. (Research purpose) The research purpose is in studying the specifics of the geometry of the cutting part of the frames of composite plowshares manufactured by the "KUNH" after their decommissioning. (Materials and methods) Ploughshares was used as controlled parts, which were used in plowing sandy loam and light loam soils. Their number was 60 units, which corresponds to the rules of probabilistic and statistical processing in accordance with the Shapiro-Wilk criterion. (Results*

and discussion) The minimum values of the residual width occur in the heel area for all the studied ploughshares, which is explained by the relatively low rigidity of the studied area, as well as the presence of significant vibrations. If the wear is about 80 millimeters, it is impossible to restore the skeleton by the method of compensating elements due to insufficient rigidity of the structure. Most of the skeletons have a residual width of about 85 millimeters, and in this case, it is possible to renovate the ploughshare. The nature of the distribution of the residual width along the length of the frame is approximately the same for most parts and is characterized by a decrease in the minimum values of the residual width from the nose to the heel area. There is a sharp decrease in the area from the toe to the section passing through the middle mounting hole. (Conclusions) The width of the repair insert is regulated by the minimum value of the remaining width of the frame. The profile of the worn area is virtually the same for all parts. In the array of studied parts, there are products whose profiles and values of the residual width differ significantly from the typical ones.

**Keywords:** wear profile, ploughshare frame, composite ploughshares, operation, repair inserts.

**For citation:** Mikhal'chenkov A.M., Kozarez I.V., Gutsan A.A., Gaponova V.E. Geometriya ostovov sostavnykh pluzhnykh lemekhov kompanii «KUN» posle ikh ekspluatatsii [Geometry of the frames of composite ploughshares of the company "KUN" after their operation]. Tekhnicheskii servis mashin. 2021. Vol. 59. N1(142). 148-153(In Russian). DOI 10.22314/2618-8287-2021-59-1-148-153

DOI 10.22314/2618-8287-2021-59-1-154-161 УДК 621.81

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕТАЛЛОПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ ДЛЯ РЕМОНТНОГО ПРОИЗВОДСТВА И ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

*Александр Юрьевич Костюков, кандидат технических наук,  
ведущий научный сотрудник, e-mail: 11-lab@mail.ru  
Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ,  
Москва, Российская Федерация*

**Реферат.** На ремонтных предприятиях применяются для восстановления сопряжений различные металлополимерные материалы. Металлополимерные материалы могут быть наполнены следующими компонентами: сталью, бронзой, алюминием, титаном. Основные преимущества металлополимеров – стойкость к негативным воздействиям окружающей среды, механическому трению и высоким температурам. (Цель исследования) Проанализировать возможности металлополимерных материалов для эффективного использования при восстановлении деталей машин и дать предложения по улучшению их физико-механических свойств при проведении работ по восстановлению. (Материалы и методы) Изучили металлополимерные материалы известных фирм: «Бельзона» (США), «Дурметал» (Швейцария), «Диамант» (ФРГ), «Локтайт» (США), Chester Molecular (Польша). Рассмотрели данные по их применению при восстановлении различных деталей. Указали, что металлополимерные материалы зарубежных фирм отличаются стабильным качеством и высокими физико-техническими характеристиками; отечественные материалы пока уступают импортным из-за низкого качества входящих компонентов. (Результаты и обсуждение) Показали, что основное свойство покрытий – адгезионная прочность, которая в значительной степени определяет ресурс восстановленной детали. Привели основные факторы, которые влияют на адгезионную прочность. Отметили, что можно значительно увеличить адгезионную прочность покрытий за счет предварительной электроискровой обработки изношенной детали. Представили данные по эффективности электроискровых покрытий как самостоятельного технологического процесса при восстановлении детали. Определили, что использование комбинированной технологии электроискровой обработки с последующим нанесением металлополимерных материалов дает неоспоримые преимущества при восстановлении деталей. (Выводы) Для улучшения физико-механических свойств покрытий целесообразно совместить технологию электроискровой обработки с применением металлополимерных покрытий. Это позволит расширить возможности применений технологий восстановления детали.

**Ключевые слова:** восстановление, металлополимер, технология, шероховатость поверхности, ресурс, электроискровая обработка, адгезия.

**Для цитирования:** Костюков А.Ю. Применение металлополимерных композиций для ремонтного производства и восстановления деталей машин // Технический сервис машин. 2021. Т. 59. N1(142). С. 154-161. DOI 10.22314/2618-8287-2021-59-1-154-161

*Alexander Yu. Kostyukov, Ph.D.(Eng.),  
leading researcher  
Federal Scientific Agroengineering Center VIM,  
Moscow, Russian Federation*

**Abstract.** *At repair enterprises, various metal-polymer materials are used to restore the interfaces. Metal-polymer materials can be filled with the following components: steel, bronze, aluminum, titanium. The main advantages of metal polymers are their resistance to negative environmental influences, mechanical friction and high temperatures. (Research purpose) The research purpose is in analyzing the possibilities of metal-polymer materials for effective use in the restoration of machine parts and to give suggestions for improving their physical and mechanical properties during the restoration work. (Materials and methods) Authors studied metal-polymer materials of well-known companies: "Belzona" (USA), "Durmetal" (Switzerland), "Diamant" (Germany), "Loctite" (USA), Chester Molecular (Poland). The article presents the data on their use in the restoration of various parts. The metal polymer materials of foreign companies are characterized by stable quality and high physical and technical characteristics; domestic materials are still inferior to imported ones due to the low quality of the incoming components. (Results and discussion) The main property of coatings is the adhesive strength, which largely determines the resource of the restored part. The main factors that affect the adhesive strength are described in the article. It is possible to significantly increase the adhesive strength of the coatings due to the preliminary electric spark treatment of the worn part. The article presents data on the effectiveness of electric spark coatings as an independent technological process in the restoration of the part. The use of a combined technology of electric spark processing with subsequent application of metal-polymer materials provides undeniable advantages in the restoration of parts. (Conclusions) To improve the physical and mechanical properties of coatings, it is advisable to combine the technology of electric spark processing with the use of metal-polymer coatings. This will expand the possibilities of using part recovery technologies.*

**Keywords:** *restoration, metal polymer, technology, surface roughness, resource, electrical spark treatment, adhesion.*

**For citation:** Kostyukov A.Yu. *Primeneniye metallopolimernykh kompozitsiy dlya remontnogo proizvodstva i vosstanovleniya detaley mashin* [Application of metal-polymer compositions for repair production and restoration of machine parts]. *Tekhnicheskiy servis mashin.* 2021. Vol. 59. N1(142). 154-161(In Russian). DOI 10.22314/2618-8287-2021-59-1-154-161

DOI 10.22314/2618-8287-2021-59-1-163-177    УДК 629.3014.2

## **К 35-ЛЕТИЮ НАЧАЛА ПРОИЗВОДСТВА ТРАКТОРА ДТ-175С «ВОЛГАРЬ»**

<sup>1</sup>*Вячеслав Владимирович Косенко, кандидат технических наук,  
e-mail: ts@vstu.ru;*

<sup>2</sup>*Владимир Васильевич Шаров, кандидат технических наук, методист;*

<sup>3</sup>*Юлия Сергеевна Ценч, кандидат педагогических наук, доцент,  
ведущий научный сотрудник*

<sup>1</sup>*Волгоградский государственный технический университет,  
г. Волгоград, Российская Федерация*

<sup>2</sup>*Музей истории отечественного тракторостроения,  
МБУК «Созвездие», с. Новый Быт Чеховского района  
Московской обл., Российская Федерация*

<sup>3</sup>*Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ,  
Москва, Российская Федерация*

*Статья, приуроченная к 35-летию начала производства на Волгоградском тракторном заводе гусеничного сельскохозяйственного трактора ДТ-175С «Волгарь», рассказывает об истории создания этой по-своему уникальной машины. (Цель исследования) Проанализировать историю создания и постановки на производство, эффективность применения трактора ДТ-175С «Волгарь», рассмотреть этапы и направления его совершенствования. (Материалы и методы) Изложили историю создания скоростного энергонасыщенного*

трактора «Волгарь», привели его конструктивные особенности, технические характеристики в сравнении с предшественниками, результаты испытаний в различных почвенно-климатических зонах, на различных сельскохозяйственных операциях. (Результаты и обсуждение) Отметили, что в тракторе ДТ-175С «Волгарь» конструкторы в тесном сотрудничестве с учеными воплотили результаты исследований, направленных на повышение рабочих скоростей машинно-тракторных агрегатов, и самые передовые по тому времени технические решения в области тракторостроения. Основное из этих решений – автоматическая бесступенчатая гидромеханическая трансмиссия. Показали, что сочетание мощного (125 киловатт) двигателя с подобной трансмиссией позволили не только значительно – до 9-15 километров в час – повысить рабочие скорости и производительность трактора, но и существенно снизить напряженность труда тракториста. Привели информацию о совершенствовании, модернизации трактора, создании на его базе различных специализированных модификаций. ДТ-175С «Волгарь» стал самой мощной серийной машиной Волгоградского тракторного завода, по праву заслужил признание специалистов хозяйств и механизаторов. (Выводы) Трактор стал самой мощной серийной машиной ВгТЗ, заслужил признание квалифицированных механизаторов и специалистов хозяйств. Дальнейшее развитие направление применения автоматической гидромеханической трансмиссии на сельскохозяйственных тракторах должно было получить в ВТ-200Д тягового класса 5 мощностью 147 киловатт. Из-за осложнения экономической обстановки производство данного трактора ограничилось лишь небольшой опытной партией.

**Ключевые слова:** гусеничный сельскохозяйственный трактор, тракторный завод, энергонасыщенность, рабочие скорости, автоматическая гидромеханическая трансмиссия, гидротрансформатор, конструирование, производство, модернизация.

**Для цитирования:** Косенко В.В., Шаров В.В., Ценч Ю.С. К 35-летию начала производства трактора ДТ-175С «Волгарь» // Технический сервис машин. 2021. Т. 59. N1(142). С. 163-177. DOI 10.22314/2618-8287-2021-59-1-163-177

## THE 35TH ANNIVERSARY OF PRODUCTION OF THE DT-175S "VOL-GAR" TRACTOR

<sup>1</sup>*Vyacheslav V. Kosenko, Ph.D.(Eng.);*

<sup>2</sup>*Vladimir V. Sharov, Ph.D.(Eng.), methodologist;*

<sup>3</sup>*Yuliya S. Tsench, Ph.D.(Ped.), associate professor, leading researcher*

<sup>1</sup> *Volgograd State Technical University, Volgograd, Russian Federation*

<sup>2</sup> *Museum of the History of Domestic Tractor Construction, MBUK "Constellation", Novy Byt village, Chekhov district, Moscow region, Russian Federation*

<sup>3</sup> *Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation*

**Abstract.** The article, dedicated to the 35th anniversary of the start of production at the Volgograd Tractor Plant of the tracked agricultural tractor DT-175S "Volgar", tells about the history of the creation of this unique machine in its own way. (Research purpose) The research purpose is in analyzing the history of the creation and production, the effectiveness of the use of the DT-175S "Volgar" tractor, considering the stages and directions of its improvement. (Materials and methods) The article describes the history of the creation of the high-speed energy-saturated tractor "Volgar", gave its design features, technical characteristics in comparison with its predecessors, the results of tests in various soil and climatic zones, on various agricultural operations. (Results and discussion) In the DT-175S "Volgar" tractor, the designers, in close cooperation with scientists, embodied the results of research aimed at increasing the working speeds of machine-tractor units, and the most advanced technical solutions in the field of tractor construction at that time. The main of these solutions is an automatic continuously variable hydro-mechanical transmission. The combination of a powerful (125 kilowatt) engine with a similar transmission allowed not only significantly increase the working speed and productivity of the tractor, up to 9-15 kilometers per hour, but also significantly reduce the labor intensity of the tractor driver. The article presents the information about the improvement, modernization of the tractor, the creation of various specialized modifications on its basis. DT-175S "Volgar" became the most powerful serial machine of the Volgograd Tractor Plant, rightfully earned the respect of specialists of farms and machine operators. (Conclusions) The tractor became the most powerful serial machine of VgTZ, earned the respect of qualified machine operators and specialists of farms. Further development of the application of the automatic hydro-mechanical transmission on agricultural tractors was to receive the VT-200D tractor of 5th traction class with a capacity of 147 kilowatts. Due to the complication of the economic situation, the production of this tractor was limited to only a small experimental batch.



**Keywords:** tracked agricultural tractor, tractor plant, energy saturation, operating speeds, automatic hydromechanical transmission, hydromechanical converter, design, production, modernization.

**For citation:** Kosenko V.V., Sharov V.V., Tsench Yu.S. K 35-letiyu nachala proizvod-stva traktora DT-175S «Volgar'» [The 35th anniversary of production of the DT-175S "Volgar" tractor]. Tekhnicheskii servis mashin. 2021. Vol. 59. N1(142). 163-177(In Russian). DOI 10.22314/2618-8287-2021-59-1-163-177

DOI 10.22314/2618-8287-2021-59-1-178-192 УДК 63(091):001.891

## АГРОИНЖЕНЕРНАЯ НАУКА В СССР В 1920-1941 ГОДЫ

**Юлия Сергеевна Ценч, кандидат педагогических наук, доцент,  
старший научный сотрудник  
Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ,  
Москва, Российская Федерация**

**Реферат.** В царской России не было создано единой организационной структуры сельскохозяйственной науки. Научной работой руководил Ученый комитет Министерства земледелия, финансируя отдельных исследователей, станции, а также высшие учебные заведения, в которых проводились научные исследования. (Цель исследования) Изучить этапы развития агроинженерной науки СССР в период 1920-1941 гг. (Материалы и методы) Проанализировали архивные материалы и научно-исследовательскую литературу по данной тематике. Показали необходимость создания Всероссийского института сельского хозяйства. Отметили, что была организована Научно-автомобильная лаборатория, которая впоследствии стала базой для научно-исследовательских институтов – Научного автомобильного института, переименованного впоследствии в Научно-исследовательский автотракторный институт, работавших в области автомобилестроения, тракторостроения, автотракторных двигателей, технологии и организации автомобильного и тракторного производства. Сформулировали важнейшие задачи становления агроинженерной науки на начальном этапе. (Результаты и обсуждение) В 1920-1941 годах создали специализированные агроинженерные научно-исследовательские и учебные институты, принимавшие активное участие в становлении советской тракторной и автомобильной промышленности и подготовке квалифицированных кадров. Важнейшее значение для развития сельскохозяйственной науки имело образование по постановлению Совнаркома от 25 мая 1929 г. Всесоюзной академии сельскохозяйственных наук имени В.И. Ленина. (Выводы) В довоенный период был заложен мощный фундамент агроинженерной науки. Приняты первые законы и нормативные акты по механизации сельского хозяйства и сельскохозяйственного машиностроения. Организованы первые научно-исследовательские институты в области механизации сельского хозяйства и сельскохозяйственного машиностроения. Разработаны и поставлены на производство первые отечественные тракторы, зерноуборочные комбайны и важнейшие сельскохозяйственные машины. Сформированы основы теории, изданы первые фундаментальные научные труды и учебники по сельскохозяйственным машинам, процессам механизации и электрификации сельского хозяйства.

**Ключевые слова:** Отдел машиноведения, гусеничные тракторы, энергоемкие работы, агротехнические требования, теория сельскохозяйственных машин, электропривод, электромеханизация животноводства.

**Для цитирования:** Ценч Ю.С. Агроинженерная наука в СССР в 1920-1941 годы // Технический сервис машин. 2021. Т. 59. N1(142). С. 178-192. DOI 10.22314/2618-8287-2021-59-1-178-192

## AGROENGINEERING SCIENCE IN THE USSR IN 1920-1941

**Yuliya S. Tsench, Ph.D.(Ped.), associate professor, senior researcher,  
Federal Scientific Agroengineering Center VIM,  
Moscow, Russian Federation**

**Abstract.** In tsarist Russia, there was no single organizational structure for agricultural science. The Scientific Committee of the Ministry of Agriculture, funding individual researchers, stations, as well as higher educational institutions where scientific research was conducted, led the scientific work. (Research purpose) The research purpose is in studying the stages of development of agricultural engineering science in the USSR in the period 1920-1941. (Materials and methods) Studied archival materials and research literature on this topic. The article shows the need to create an All-Russian Institute of Agriculture. The Scientific and Automotive Laboratory was organized, which later became the base

for research institutes – the Scientific Automotive Institute, later renamed the Research Automotive and Tractor Institute, working in the field of automotive industry, tractor construction, automotive engines, technology and organization of automobile and tractor production. The article formulates the most important tasks of the formation of agroengineering science at the initial stage. (Results and discussion) In 1920-1941, specialized agricultural engineering research and training institutes were established, which took an active part in the formation of the Soviet tractor and automobile industry and the training of qualified personnel. The most important thing for the development of agricultural science was the formation of the All-Union Academy of Agricultural Sciences named after V. I. Lenin by the decree of the Council of People's Commissars of May 25, 1929. (Conclusions) In the pre-war period, a strong foundation of agricultural engineering science was laid. The first laws and regulations on the mechanization of agriculture and agricultural engineering were adopted. The first research institutes in the field of agricultural mechanization and agricultural engineering were organized. The first domestic tractors, grain harvesters and the most important agricultural machines were developed and put into production. The foundations of the theory were formed, the first fundamental scientific works and textbooks on agricultural machines, the processes of mechanization and electrification of agriculture were published.

**Keywords:** Department of Machine Science, crawler tractors, energy-intensive work, agrotechnical requirements, theory of agricultural machines, electric drive, electromechanization of animal husbandry.

**For citation:** Tsench Yu.S. Agroinzhenernaya nauka v SSSR v 1920-1941 gody [Agroengineering science in the USSR in 1920-1941]. Tekhnicheskii servis mashin. 2021. Vol. 59. N1(142). 178-192 (In Russian). DOI 10.22314/2618-8287-2021-59-1-178-192

УДК УДК 631.3

DOI 10.22314/2618-8287-2021-59-1-193-209

**ИСТОРИКО-ТЕМАТИЧЕСКАЯ ЭКСПОЗИЦИЯ  
«СТАНОВЛЕНИЕ И РАЗВИТИЕ  
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО И КАДРОВОГО  
ОБЕСПЕЧЕНИЯ МЕХАНИЗАЦИИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СЕЛЬСКОГО  
ХОЗЯЙСТВА»**

*Андрей Юрьевич Измайлов, доктор технических наук, академик РАН;  
Юлия Сергеевна Ценч, кандидат педагогических наук, доцент,  
ведущий научный сотрудник, e-mail: vitasp@mail.ru  
Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ,  
Москва, Российская Федерация*

**Реферат.** В статье рассмотрена концепция формирования историко-тематической экспозиции «Становление и развитие научно-технического и кадрового обеспечения механизации и электрификации сельского хозяйства России», охватывающей исторический период с XVIII по XXI век. Дана характеристика этапов развития механизации и электрификации сельского хозяйства России в указанный период. Представлена история создания первых сельскохозяйственных вузов, в которых началась системная подготовка специалистов для сельского хозяйства, в том числе для работы с сельскохозяйственными машинами и орудиями. Отмечен вклад ведущих ученых и специалистов в области сельского хозяйства и технического обслуживания машин в становление агроинженерной науки и подготовку высококвалифицированных кадров.

**Ключевые слова:** механизация, сельскохозяйственные машины, агроинженерной наука, машиноиспытательные станции, электрификация, автоматизация сельского хозяйства, инновационные машинные технологии, ресурсосбережение.

**Для цитирования:** Измайлов А.Ю., Ценч Ю.С. Историко-тематическая экспозиция «Становление и развитие научно-технического и кадрового обеспечения механизации и электрификации сельского хозяйства» // Технический сервис машин. 2021. Т. 59. N1(142). С. 193-209. DOI 10.22314/2618-8287-2021-59-1-193-209

**HISTORICAL AND THEMATIC EXPOSITION  
"FORMATION AND DEVELOPMENT OF SCIENTIFIC, TECHNICAL AND PERSONNEL SUP-PORT  
FOR AGRICULTURE MECHANIZATION AND ELECTRIFICATION"**

*Andrey Yu. Izmailov, Dr.Sc.(Eng.), Academician of the Russian Academy of Sciences;  
Yulia S. Tsench, Ph.D.(Ped.), Associate professor,  
leading researchere-mail: vimasp@mail.ru  
Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation*

**Abstract.** *The article considered the formation concept of a historical-thematic exposition "Formation and development of scientific, technical and personnel support for the agriculture mechanization and electrification in Russia", covering the historical period from the 18th to the 21st century. The characteristics of the development stages of agriculture mechanization and electrification in Russia in the specified period were given. The creation history of the first agricultural uni-versities which began the systematic training of specialists for agriculture, including for working with agricultural machines and tools was presented. The authors noted the contribution of leading scientists and specialists in the field of agriculture and machines maintenance to the formation of agroengineering science and highly qualified personnel training.*

**Keywords:** *mechanization, agricultural machines, agricultural engineering science, machine testing stations, electrification, agricultural automation, innovative machine technologies, resource conservation.*

**For citation:** Izmaylov A.Yu., Tsench Yu.S. Istoriko-tematicheskaya ekspozitsiya «Stanovlenie i razvitie nauchno-tekhnicheskogo i kadrovogo obespecheniya mekhanizatsii i elektrifikatsii sel'skogo khozyaystva» [Historical and thematic exposition "Formation and development of scientific, technical and personnel support for agriculture mechanization and electrification"]. Tekhnicheskij servis mashin. 2021. T. 59. N1(142). 193-209. DOI 10.22314/2618-8287-2021-59-1-193-209