

2025

SCIENTIFIC

Progress & Innovations



Vol. 28
Nº4



Scientific Progress & Innovations

УДК 001

До 2022 року журнал виходив під назвою
«Вісник Полтавської державної аграрної академії».
У 2023 році журнал переєстровано та перейменовано
на «Scientific Progress and Innovation»

Засновник, редакція, видавець:

Полтавський державний аграрний університет.
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до
державного реєстру видавців, виготовлювачів і
розповсюджувачів видавничої продукції:

Серія ДК № 7933 від 13.09.2023 року

Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого
засобу масової інформації:

Серія КВ № 25459-15399 ПР від 09.03.2023 року

Рік заснування: 1998

Мова видання:

українська, англійська

Рекомендовано до друку та поширення через мережу
Інтернет Вченою радою Полтавського державного
аграрного університету
(протокол № 5 від 23 грудня 2025 року)

**Рішення Національної ради України
з питань телебачення і радіомовлення № 1554**

Ідентифікатор медіа – R30-03924

**Науковий журнал включено до категорії Б Переліку
наукових фахових видань України,**

у яких можуть публікуватися результати
дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів
доктора наук, кандидата наук та доктора філософії з
сільськогосподарських, ветеринарних та технічних
наук (наказ Міністерства освіти і науки України
№ 409 від 17.03.2020 р. та № 866 від 02.07.2020 р.)

101 – Екологія; 162 – Біотехнології та біоінженерія;
201 – Агрономія; 202 – Захист і карантин рослин;
204 – Технологія виробництва і переробки продукції
тваринництва; 211 – Ветеринарна медицина;
212 – Ветеринарна гігієна, санітарія і експертиза;
208 – Агроінженерія

**Журнал представлено у міжнародних
наукометричних базах даних, репозитаріях та
пошукових системах:**

Index Copernicus International, Bielefeld Academic Search Engine
(BASE), Directory of open access scholarly resources (ROAD),
Національна бібліотека України імені В.І.Вернадського,
Національна наукова сільськогосподарська бібліотека НААН,
Scientific & Scholarly Research Database (Scilit), Dimensions, Open
Ukrainian Citation Index (OUCI), Google Scholar, Fatcat, Wikidata,
Crossref, Електронний репозитарій Полтавського державного
аграрного університету

Адреса редакції:

Полтавський державний аграрний університет,
36003, вул. Сковороди, 1/3, м. Полтава, Україна
e-mail: visnyk@pdau.edu.ua
http://www.pdau.edu.ua
https://doi.org/10.31210

© Полтавський державний аграрний університет

UDC 001

Until 2022, the journal was published under the name
“Bulletin of Poltava State Agrarian Academy”.

In 2023, the journal was re-registered and renamed
“Scientific Progress and Innovation”

Founder, Editorial and Publisher:

Poltava State Agrarian University
Certificate of making a publishing house subject to the state
register of publishers, manufacturers and distributors of
publishing products:

Series DC No. 7933 of September 13, 2023

Certificate of state registration print mass media:
Series KV No. 25459-15399 PR of March 09, 2023

Year of foundation: 1998

Language edition:

Ukrainian, English

Recommended for printing and distribution via the Internet
by the Academic Council of Poltava State Agrarian
University
(Minutes No. 5 of December 23, 2025)

**Decision of the National Council
of Television and Radio Broadcasting of Ukraine No. 1554**

Media identifier – R30-03924

**The scientific journal is included in category B of the
List of scientific professional publications of Ukraine,**

in which the results of thesis papers for Doctor of Sciences,
Candidate of Sciences, and Ph.D degrees in agricultural,
veterinary, and technical sciences (Order of the Ministry of
Education and Science of Ukraine
No. 409 of March 17, 2020 and №886 July 02, 2020)

101 – Ecology; 162 – Biotechnology and Bioengineering;
201 – Agronomy; 202 – Plant Protection and Quarantine;
204 – Technology of Production and Processing of Livestock
Products; 211 – Veterinary Medicine;
212 – Veterinary hygiene, sanitation and examination;
208 – Agricultural Engineering

**The journal is presented international
scientometric databases, repositories
and scientific systems:**

Index Copernicus International, Bielefeld Academic Search Engine
(BASE), Directory of open access scholarly resources (ROAD),
Vernadsky National Library of Ukraine, National Scientific
Agricultural Library, Scientific & Scholarly Research Database
(Scilit), Dimensions, Open Ukrainian Citation Index (OUCI), Google
Scholar, Fatcat, Wikidata, Crossref, Electronic repository of Poltava
State Agrarian University

Editorial address:

Poltava State Agrarian University,
36003, 1/3, Skovorody str., Poltava, Ukraine
e-mail: visnyk@pdau.edu.ua
http://www.pdau.edu.ua
https://doi.org/10.31210

© Poltava State Agrarian University

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ

Засновано 10 рудня 1998 р.
Періодичність випуску: 4 рази на рік

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

Голова Редакційної ради

В. І. АРАНЧІЙ, к. екон. наук (Україна)

Головний редактор

О. О. ГОРБ, к. с.-г. наук, (Україна)

Заступники голови Редакційної ради

М. С. САМОЙЛІК, д. екон. наук, (Україна)

Т. О. ЧАЙКА, к. екон. наук (Україна)

Заступник головного редактора

П. В. ПИСАРЕНКО, д. с.-г. наук, (Україна)

ЧЛЕНИ РЕДАКЦІЙНОЇ КОЛЕГІЇ

Редакційна колегія з галузі СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО:

А. ДОЛГАНЬЧУК-ШЬРУДКА, док. габ. (Польща)

А. В. КАЛІНІЧЕНКО, д. с.-г. наук, (Україна, Польща)

І. В. КОРОТКОВА, к. хім. наук (Україна)

В. Ю. КРИКУНОВА, к. хім. наук (Україна)

М. М. МАРЕНИЧ, д. с.-г. наук, (Україна)

Н. М. ОПАРА, к. с.-г. наук, (Україна)

В. М. ПИСАРЕНКО, д. с.-г. наук, (Україна)

А. А. ПОЛІЩУК, д. с.-г. наук, (Україна)

С. В. ПОСПЕЛОВ, д. с.-г. наук, (Україна)

М. РАЙФУР, док. габ. (Польща)

Т. П. РОМАШКО, к. хім. наук (Україна)

А. О. ТАРАНЕНКО, к. с.-г. наук, (Україна)

А. М. ШОСТЯ, д. с.-г. наук, (Україна)

Редакційна колегія з галузі ВЕТЕРИНАРНА МЕДИЦИНА:

А. А. АНТИПОВ, к. вет. наук (Україна)

В. П. БЕРДНИК, д. вет. н. (Україна)

О. О. БОЙКО, к. біол. наук (Україна)

О. Б. ГРЕБЕНЬ, к. біол. наук (Україна)

В. О. ЄВСТАФ'ЄВА, д. вет. н. (Україна)

Б. П. КИРИЧКО, д. вет. н. (Україна)

Л. М. КОРЧАН, к. вет. наук (Україна)

О. В. КРУЧИНЕНКО, д. вет. наук (Україна)

Т. А. КУЗЬМІНА, к. біол. наук (Україна)

С. М. КУЛИНИЧ, д. вет. н. (Україна)

Т. П. ЛОКЕС-КРУПКА, к. вет. наук (Україна)

В. В. МЕЛЬНИЧУК, д. вет. наук (Україна)

О. Б. ПРИЙМА, к. вет. наук (Україна)

Редакційна колегія з галузі ТЕХНІЧНІ НАУКИ:

О. В. ГОРИК, д. тех. наук (Україна)

І. А. ДУДНИКОВ, к. тех. наук (Україна)

С. Б. КОВАЛЬЧУК, д. тех. наук (Україна)

О. М. КОСТЕНКО, д. тех. наук (Україна)

В. О. СУКМАНОВ, д. тех. наук (Україна)

В. О. ШЕЙЧЕНКО, д. тех. наук (Україна)

Члени Ради почесних членів:

А. БРЗОЗОВСКА, д. екон. наук (Польща)

З. ДАЦКО-ПІКІЄВІЧ, док. габ. (Польща)

О. ПЕРЕХОЖУК, д. екон. наук (Німеччина)

В. М. САМОРОДОВ, заслужений винахідник України (Україна)

Назва, концепція, зміст і дизайн «Scientific Progress & Innovations» є інтелектуальною власністю Полтавського державного аграрного університету й охороняється Законом України «Про авторські та суміжні права». Матеріали друкуються мовою оригіналу. У разі передруковування посилання на «Scientific Progress & Innovations» є обов'язковим.

Редакція залишає за собою право на редагування текстів, яке не змінює позиції автора.

Автор несе відповідальність за фактичний виклад матеріалу.

SCIENTIFIC JOURNAL

Year of establishment: Since December 10, 1998.
Publication frequency: 4 times a year

EDITORIAL BOARD

Chief of Editorial Council

V. I. ARANCHIY, Cand. Econ. Sci. (Ukraine)

Editor-in-chief

O. O. GORB, Cand. Agr. Sci. (Ukraine)

Deputy Head of Editorial Council

M. S. SAMOILIK, Dr. Econ. Sci. (Ukraine)

T. O. CHAIKA, Cand. Econ. Sci. Professor (Ukraine)

Deputy Chief Editor

P. V. PYSARENKO, Dr. Agr. Sci. (Ukraine)

MEMBERS OF THE EDITORIAL COUNCIL

Editorial board in the field of AGRICULTURE:

A. DOLHANCZUK-SRODKA, Dr. hab. (Poland)

A. V. KALINICHENKO, Dr. Econ. Sci. (Ukraine, Poland)

I. V. KOROTKOVA, Cand. Chem. Sci. (Ukraine)

V. YU. KRYKUNOVA, Cand. Chem. Sci. (Ukraine)

M. M. MARENYCH, Dr. Agr. Sci. (Ukraine)

N. M. OPARA, Cand. Agr. Sci. (Ukraine)

V. M. PYSARENKO, Dr. Agr. Sci. (Ukraine)

A. A. POLISHCHUK, Dr. Agr. Sci. (Ukraine)

S. V. POSPIELOV, Dr. Agr. Sci. (Ukraine)

M. RAJFUR, Dr. hab. (Poland)

T. P. ROMASHKO, Cand. Chem. Sci. (Ukraine)

A. O. TARANENKO, Cand. Agr. Sci. (Ukraine)

A. M. SHOSTIA, Dr. Agr. Sci. (Ukraine)

Editorial Board in the field of VETERINARY MEDICINE:

A. A. ANTIPOV, Cand. Vet. Sci. (Ukraine)

V. P. BERDNYK, Dr. Vet. Sci. (Ukraine)

O. O. BOYKO, Cand. Biol. Sci. (Ukraine)

O. B. GREBEN, Cand. Biol. Sci. (Ukraine)

V. O. YEYVSTAFIEVA, Dr. Vet. Sci. (Ukraine)

B. P. KYRYCHKO, Dr. Vet. Sci. (Ukraine)

L. M. KORCHAN, Cand. Vet. Sci. (Ukraine)

O. V. KRUCHYNNENKO, Dr. Vet. Sci. (Ukraine)

T. A. KUZMINA, Cand. Biol. Sci. (Ukraine)

S. M. KULYNYCH, Dr. Vet. Sci. (Ukraine)

T. P. LOKES-KRUPKA, Cand. Vet. Sci. (Ukraine)

V. V. MELNYCHUK, Dr. Vet. Sci. (Ukraine)

O. B. PRIJMA, Cand. Vet. Sci. (Ukraine)

Editorial Board in the field of TECHNICAL SCIENCES:

O. V. HORYK, Dr. Tech. Sci. (Ukraine)

I. A. DUDNIKOV, Cand. Tech. Sci. (Ukraine)

S. B. KOVALCHUK, Dr. Tech. Sci. (Ukraine)

O. M. KOSTENKO, Dr. Tech. Sci. (Ukraine)

V. O. SUKMANOV, Dr. Tech. Sci. (Ukraine)

V. O. SHEICHENKO, Dr. Tech. Sci. (Ukraine)

Members of Council:

A. BRZOZOWSKA, Dr. Econ. Sci. (Poland)

Z. DACKO-PIKIEWICZ, Dr. hab. (Poland)

O PEREKHOZHUK, Dr. Econ. Sci. (Germany)

V. M. SAMORODOV, Honored inventor of Ukraine (Ukraine)

The title, conception, content, and design of the "Scientific Progress & Innovations" are intellectual property of Poltava State Agrarian University and are protected by the Law of Ukraine "On Copyright and Related Rights." Materials are published in original language. In case of reprinting, the reference to the "Scientific Progress & Innovations" is compulsory.

Editorial stuff reserves the right to edit the texts without changing author's attitude.

The author is responsible for the factual account of material.

**Сільське господарство.
Рослинництво****6****Agriculture.
Plant growing**

Овезмирадова О. Б. Агроекологічні аспекти застосування регуляторів росту при вирощуванні ячменю ярого	6	Ovezmyradova O. Agroecological aspects of the application of growth regulators in the cultivation of spring barley
Писаренко Н. В., Фурдига М. М., Захарчук Н. А., Гордієнко В. В. Фізіологічні аспекти адаптивної пластичності сортів і гібридів <i>Solanum tuberosum</i> L. при різних варіаціях гідротермічного режиму Полісся України	10	Pysarenko N., Furdyha M., Zakharchuk N., Hordiienko V. Physiological aspects of adaptive plasticity of <i>Solanum tuberosum</i> L. varieties and hybrids under variations of the hydrothermal regime in the Polissia region of Ukraine
Юрченко С. О., Палазюк Б. О. Вплив біостимуляторів на врожайність та адаптивні властивості пшениці м'якої озимої	23	Yurchenko S., Palaziuk B. Influence of bioproducts on the yield and adaptive properties of soft winter wheat
Шевчук В. М. Вплив строків сівби та передпосівної обробки насіння гречки біопрепаратами на фенологічні показники та розвиток листкового апарату	30	Shevchuk V. The impact of sowing dates and pre-sowing seed treatment with biopreparations on phenological indicators and leaf apparatus development in buckwheat
Ляшенко В. В., Примак А. О. Вплив біостимуляторів на симбіотичну азотфіксацію, фотосинтетичну активність і врожайність гороху посівного (<i>Pisum sativum</i> L.)	39	Liashenko V., Prymak A. The impact of biostimulants on symbiotic nitrogen fixation, photosynthetic activity, and yield of field pea (<i>Pisum sativum</i> L.)
Поспелова Г. Д., Коваленко Н. П. Ефективність пестицидного контролю карантинного шкідника <i>Hyphantria cunea</i> Drury	47	Pospielova G., Kovalenko N. Effectiveness of pesticide control of a quarantine pest <i>Hyphantria cunea</i> Drury
Бакалова А. В., Грицюк Н. В. Стойкість різних сортів лохини проти квіткового трипса в умовах Полісся України	52	Bakalova A., Gritsyuk N. Resistance of different blueberry varieties to flower thrips in the conditions of Polissia, Ukraine
Рибальченко А. М., Ісаков Р. Р. Оцінка стійкості до хвороб, урожайності та якості насіння сучасних сортів сої	57	Rybalchenko A., Isakov R. Assessment of disease resistance, yield and seed quality of modern soybean varieties
Шулещенко В. А. Біологічний і хімічний контроль шкідників нуту (<i>Cicer arietinum</i> L.) в умовах Лівобережного Лісостепу України	65	Shuleshchenko V. Biological and chemical control of chickpea (<i>Cicer arietinum</i> L.) pests under conditions of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine
Кравченко В. С., Акінчиц Д. Л., Вишневська Л. В., Яценко А. О. Формування симбіотичної активності сої залежно від зрошування рослин у зоні Лісостепу України	74	Kravchenko V., Akinchyts D., Vyshnevskia L., Yatsenko A. Formation of symbiotic activity of soybean depending on plant irrigation in the Forest-Steppe of Ukraine
Куряча К. О. Перспективи управління азотним живленням посівів кукурудзи: огляд сучасних концепцій	80	Kuriacha K. Prospects for nitrogen fertilization management of corn crops: a review of modern concepts
Кулик М. І., Калініченко О. В., Лесюк В. С., Рожко І. І., Тетерюк Р. С. Оцінка економічної та енергетичної ефективності виробництва біомаси міскантусу гігантського залежно від способу вирощування і підживлення насаджень	87	Kulyk M., Kalinichenko O., Lesiuk V., Rozhko I., Teteriuk R. Assessment of the economic and energy efficiency of giant miscanthus biomass production depending on cultivation methods and crop fertilization
Поспелов І. С., Оніпко В. В. Волошка синя (<i>Centaurea cyanus</i> L.) як компонент агроценозу: аналіз алелопатичних механізмів, агроекологічних наслідків та стратегій контролю	94	Pospelov I., Onipko V. Blue cornflower (<i>Centaurea cyanus</i> L.) as a component of agroecosystem: analysis of allelopathic mechanisms, agroecological consequences and control strategies

Екологія**101****Ecology**

Писаренк В. М., Піщаленко М. А., Мулер М. О., Логвиненко В. В., Тригуб В. В. Агротехнічні прийоми регуляції чисельності корисної та шкідливої ентомофауни на посівах гороху	101	Pysarenko V., Pischalenko M., Mulier M., Lohvynenko V., Tryhub V. Agrotechnical methods for regulating the population of beneficial and harmful entomofauna in pea crops
---	-----	--

**Сільське господарство.
Тваринництво****106****Agriculture.
Animal breeding**

Шостя А. М., Шпирна І. Г. Вікові особливості компенсаторного росту і фізіологічної адаптації свинок великої білої та ландрас порід за різних термінів їх відлучення	106	Shostia A., Shpyrna I. Age-related features of compensatory growth and physiological adaptation in large white and landrace gilts under different weaning ages
---	-----	--

Ветеринарна медицина**116****Veterinary medicine**

Ткачівський С. П., Галатюк О. Є., Романишина Т. О., Лахман А. Р. Діагностичні особливості хронічного імуносупресивного вірусного процесу у kota з підозрою на інфекційний перитоніт: клінічний випадок з ветеринарної практики	116	Tkachyivskiy S., Galatiuk O., Romanishina T., Lakhman A. Diagnostic features of a chronic immunosuppressive viral process in a cat suspected of feline infectious peritonitis: a clinical case from veterinary practice
Токар І. В., Стыбель В. В., Гутий Б. В. Морфологічні та біохімічні показники крові щурів за розвитку експериментального токсокарозу	121	Tokar I., Stybel V., Gutij B. Morphological and biochemical blood parameters in rats during experimental toxocarosis
Михайлютенко Е. В., Михайлютенко С. М. Трихуроз нутрій як компонент паразитоценозу травного тракту <i>Myocastor coypus</i> (Molina, 1782)	127	Mykhailiutenko E., Mykhailiutenko S. Nutria trichurosis as a component of the parasitic community of the digestive tract of <i>Myocastor coypus</i> (Molina, 1782)
Худаєр Амаал М. Антибактеріальна активність екстракту гвоздики <i>Syzygium aromaticum</i> відносно грамнегативних мультирезистентних штамів бактерій	132	Khudaier Amaal M. Antibacterial activity of ethanolic clove <i>Syzygium aromaticum</i> extract against multidrug-resistant gram-negative bacteria
Мельничук В. В., Коваленко О. В., Євстаф'єва В. О., Замазій А. А., Долгін О. С. Дезінвазійна активність сучасних дезінфектантів відносно яєць нематод <i>Ascaridia galli</i>	136	Melnychuk V., Kovalenko O., Yevstafieva V., Zamaziy A., Dolhin O. Disinvasive activity of modern disinfectants against <i>Ascaridia galli</i> nematode eggs
Тітаренко О. В., Горшеніна О. П., Киричко О. Б., Скрипник В. Г. Герпесвірусна інфекція у котів (епізотологічний моніторинг, гематологічні показники, лікування та профілактика в умовах ветеринарного сервісу «VetExpert» міста Полтави)	142	Titarenko O., Horshenina O., Kyrychko O., Skrypnyk V. Feline herpesvirus infection (epizootological monitoring, hematological parameters, treatment and prevention in the veterinary service "VetExpert" of the city Poltava)

Яценко І. В., Козачок В. В. Застосування рентген-зонда для вимірювання та визначення просторового розташування раневого каналу під час проведення судово-ветеринарної експертизи	148	Yatsenko I., Kozachok V. Application of an X-ray probe for measuring and determining the spatial position of a wound channel during forensic veterinary examination
Дереза Ю. Ф., Канівець Н. С. Панкреатит у свійських котів: поширення	155	Dereza Yu., Kanivets N. Pancreatitis in domestic cats: prevalence
Нікітан А. Д. Ефективність застосування способу визначення рівня контамінації дистального відділу кінцівок собак коконами дипілідій	159	Nikitan A. Effectiveness of using the method for determining contamination level of the distal extremity section in dogs with dipylidium cocoons
Рубленко С. В., Чернай Д. С. Антибіотикорезистентність: причини, наслідки, шляхи подолання	163	Rublenko S., Chernai D. Antibiotic resistance: causes, consequences, ways to overcome
Первий А. О. Удосконалення способу визначення рівня контамінації дистального відділу кінцівок у котів яйцями токсокар	168	Perviy A. Improvement of the method for determining the level of contamination of the distal extremities in cats with toxocara eggs.
Хамед М. А. К., Аль-Даумі Ф., Алькатаб А. Х., Забіл А К., Ібрагім З. К. Поширення і наслідки вторинних інфекцій у великої рогатої худоби хворої на ящури в умовах провінції Кербела, Ірак	172	Hameed M. A. K., Al-Dawmy F., Alqatab A. H., Zabeel A. K., Ibrahim Z. K. Spread and consequences of secondary infections in cattle affected with foot-and-mouth disease in Karbala province, Iraq
Кравченко С. О., Рудяшко В. С. Клініко-гематологічний статус собак за поєднаної патології печінки та нирок	178	Kravchenko S., Rudyashko V. Clinical and hematological status of dogs with combined liver and kidney pathology
Криворученко Д. О. Ефективність відомих способів копроовоскопії за мікстінвазій травного тракту собак	183	Kryvoruchenko D. Effectiveness of known methods of coproovoscopy for myxintvasions of the digestive tract of dogs
Передера О. О., Передера Р. В., Лавріненко І. В., Коломак І. О., Петренко М. О. Аналіз скринінгових серологічних досліджень лейкозу великої рогатої худоби в окремих районах Полтавської області	189	Peredera O., Peredera R., Lavrinenko I., Kolomak I., Petrenko M. Analysis of screening serological studies of bovine leucosis in separate districts of Poltava region
Хусейн М. А. Використання алоксану для індукції діабету та зміни в організмі кролів за його застосування	196	Hussein M. A. The use of alloxan to induce diabetes in rabbits and some of the changes it causes in the body
Аль-Арубай Н. Гістохімічний аналіз яєчників, яйцепроводів та фолікулогенезу у диких кролів	201	Al-Arubaye N. Histochemical analysis of wild rabbits' ovaries, oviducts, and folliculogenesis
Алкабі М. А. С., Фадхіл А. Х., Аль-Шеммарі І. Г., Аль-Хафаджі І. Дж. Виявлення та ідентифікація <i>Pasteurella</i> spp. у собак з використанням бронхоальвеолярного лаважу та молекулярного методу дослідження	208	Alkabi M. A. S., Fadhil A. H., Al-Shemmari I. G., Al-Khafaji I. J. Detection and isolation of some <i>Pasteurella</i> spp. in dogs by using bronchial alveolar lavage and molecular techniques
Технічні науки		215
Падалка В. В., Горбенко О. В., Іванов О. М., Чумак М. В. Мехатронна кольориметрична система вимірювань експлуатаційної деградації моторної оливи як засіб підвищення надійності автотранспортних засобів		Padalka V., Gorbenko O., Ivanov O., Chumak M. Mechatronic colorimetric system for measuring operational degradation of engine oil as a means to enhance the reliability of motor vehicles
		215

Mechatronic colorimetric system for measuring operational degradation of engine oil as a means to enhance the reliability of motor vehicles

V. Padalka[✉] | O. Gorbenko | O. Ivanov | M. Chumak

Article info

Correspondence Author

V. Padalka

E-mail:

viacheslav.padalka@pdau.edu.ua

Poltava State Agrarian

University,

Skovoroda Str., 1/3,

Poltava, 36000, Ukraine

Citation: Padalka, V., Gorbenko, O., Ivanov, O., & Chumak, M. (2025). Mechatronic colorimetric system for measuring operational degradation of engine oil as a means to enhance the reliability of motor vehicles. *Scientific Progress & Innovations*, 28(4), 215–220. doi: 10.31210/spi2025.28.04.34

The article presents the results of a study on the operational degradation of engine oil under the working conditions of internal combustion engines (ICE) used in agricultural and automotive machinery, where the operating environment is classified as particularly severe: high air dustiness, irregular loads, frequent engine starts, and extended idling periods. These factors accelerate the wear of friction pairs, deteriorate lubricating properties, and reduce the overall reliability of power units. Existing maintenance regulations do not consider real operating conditions, which creates the need for inter-schedule monitoring of oil condition – possible only through technical measurements and digital analysis of degradation parameters. The aim of the research is to develop a methodology and conduct experiments to determine the resource indicators of engine oil based on color change using colorimetric equipment equipped with mechatronic system elements. The study is based on comparing the color of fresh oil with that of oil after operational wear. RGB/HSL colorimetry tools and statistical processing were applied. A laboratory setup was developed based on the STM32H747XI microcontroller and the TCS3472 color sensor, enabling the detection of oil color changes and evaluation of its degradation linked to engine operating hours. Calibration was performed between reference samples and boundary conditions corresponding to the full service interval. The investigation of VAG Special G 5W-40 engine oil (BSE engine) over 400 engine hours demonstrated a stable functional dependence between impurity saturation and engine runtime. The average increase in contamination confirmed a reliable correlation between color variation and actual wear of friction components. The proposed methodology enables inter-schedule monitoring of engine oil condition and prediction of optimal replacement timing based on real operating conditions. The practical significance of the study lies in the increased reliability of ICE, reduced maintenance costs, and prevention of premature equipment failures. The proposed mechatronic colorimetric system can be integrated into service centers and precision farming systems as a component of digital diagnostics of machine technical condition.

Keywords: engine oil, oil degradation, mechatronics, wear of components, inter-schedule maintenance.

Мехатронна кольориметрична система вимірювань експлуатаційної деградації моторної оливи як засіб підвищення надійності автотранспортних засобів

В. В. Падалка | О. В. Горбенко | О. М. Іванов | М. В. Чумак

Полтавський державний
аграрний університет,
м. Полтава, Україна

У статті представлено результати дослідження експлуатаційної деградації моторної оливи в умовах роботи двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ) сільськогосподарської та автомобільної техніки, де умови експлуатації належать до особливо тяжких: підвищена запиленість повітря, нерівномірні навантаження, часті запуски двигуна і тривала робота на холостих обертах. Ці фактори прискорюють процес зношування елементів тертя, погіршують властивості мастильних матеріалів та знижують надійність силових агрегатів. Відомі регламенти технічного обслуговування не враховують реальних умов експлуатації, що обумовлює потребу у міжрегламентному контролі стану оливи, який можливий лише за умов застосування технічних вимірювань і цифрового аналізу параметрів деградації. Метою дослідження є розроблення методики та проведення експериментів для визначення ресурсних показників моторної оливи за зміною її кольору з використанням кольориметричного обладнання, оснащеного елементами мехатронної системи. Дослідження базуються на порівнянні кольору базової оливи та оливи з експлуатаційним наробітком. У роботі використано інструментальні засоби RGB/HSL-кольориметрії та статистичну обробку результатів. Розроблено лабораторну установку на основі мікроконтролера STM32H747XI з фотодатчиком TCS3472, що дозволяє фіксувати зміну кольору оливи та визначати ступінь її деградації в прив'язці до мотогодин роботи двигуна. Калібрування проведено між еталонним станом та граничними значеннями, що відповідають повному сервісному інтервалу. Дослідження моторної оливи VAG Special G 5W-40 (двигун BSE) протягом 400 мотогодин показали стабільну функціональну залежність насиченості домішками від наробітку. Середні значення зростання забруднення підтверджують достовірний кореляційний зв'язок між зміною кольору та фактичним зносом елементів тертя. Застосування запропонованої методики забезпечує можливість міжрегламентного контролю стану моторної оливи та прогнозування моменту її заміни з урахуванням реальних умов експлуатації. Практична значущість роботи полягає у підвищенні надійності ДВЗ, зниженні витрат на технічне обслуговування та запобіганні передчасним відмовам обладнання. Запропонована мехатронна кольориметрична система може бути інтегрована у сервісні центри та систему точного землеробства як елемент цифрової діагностики технічного стану машин.

Ключові слова: моторна олива, деградація оливи, мехатроніка, знос деталей, міжрегламентне обслуговування.

Бібліографічний опис для цитування: Падалка В. В., Горбенко О. В., Іванов О. М., Чумак М. В. Мехатронна кольориметрична система вимірювань експлуатаційної деградації моторної оливи як засіб підвищення надійності автотранспортних засобів. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (4). С. 215–220.

Introduction

Mechanized technologies in the agricultural sector rely on the intensive use of internal combustion engines, which serve as the basis for the operation of tractors, motor vehicles, and self-propelled harvesting machines. The efficiency and stability of agricultural production directly depend on the performance of power units, their ability to perform technological operations without failures, as well as on the cost of maintenance and repair services. Studies conducted in most regions of Ukraine [1–3] confirm the need to modernize the machine and tractor fleet and to implement advanced systems for monitoring the technical condition of equipment. This will contribute to the reduction of emergency repairs and financial losses for agricultural enterprises.

One of the key factors determining the reliability and durability of internal combustion engines (ICEs) is the quality of fuel and lubricants. It has been established that the use of low-quality fuel can reduce the failure-free service life of machinery by up to 70 %, resulting in premature wear of fuel and lubrication system components, higher service costs, and the need for major overhauls [4]. Numerous research works [5–7] present the results of a correlation analysis between the physicochemical properties of fuel and the operational performance of ICEs, the wear intensity of friction elements, and the environmental characteristics of exhaust gases. Researchers propose methods for monitoring the composition of the air-fuel mixture, controlling combustion regimes, and diagnosing fuel system components to improve the overall efficiency of the engine [8, 9].

However, fuel quality is only one component of the operational reliability of power units. An equally important factor is engine oil, which ensures heat dissipation, friction reduction, clearance compensation, and prevention of dry contact between working surfaces. It is well known that during operation, the oil undergoes degradation, accumulating oxidation products, abrasive particles, soot, and contaminants that significantly reduce its functional properties [10, 11]. The deterioration of lubricating characteristics leads to increased wear of friction assemblies, loss of compression, partial seizure of components, and uncontrolled temperature rise, which accelerates engine failure.

From a scientific perspective, the operational degradation of engine oil can be assessed by changes in its color, which reflects the accumulation of mechanical impurities and products of incomplete fuel oxidation [12, 13]. The main sources of contamination include: metal micro-particles (chips) generated by precision friction pairs; sulfur, ash, bitumen, and resinous compounds derived from diesel fuel; fuel vapors penetrating the lubrication system through piston rings; and products of exhaust gas recirculation.

In agricultural machinery, the operating conditions of internal combustion engines are classified as particularly harsh: high air dustiness, fluctuating loads, frequent engine starts, and prolonged idle operation. These factors increase the stress on the lubrication system and necessitate a well-founded determination of oil replacement intervals. Existing maintenance regulations

do not consider real-world operating conditions; therefore, there is a need for inter-service monitoring of oil condition, which can only be implemented through technical measurements and digital analysis of degradation parameters [14].

Image processing technology based on video offers an innovative approach for extracting dynamic characteristics and has already been successfully applied in such fields as medical diagnostics, robotic vision, and intelligent transportation systems. In particular, for wear analysis, video recording is valuable as it prevents particle adhesion (agglomeration) during motion, enabling accurate extraction of the characteristics of individual wear particles. Although particle movement may cause image blurring, color information can be restored using image color enhancement techniques. As reported in studies [15, 16], an online image processing system was used to obtain video footage of moving wear particles in lubricant. Specialized preprocessing methods, including motion blur restoration, were employed to effectively isolate the particles prior to color extraction. Real-time monitoring of oxidative wear confirmed the system's practical applicability for early detection and assessment of wear progression in operating equipment.

Currently, the development of a mechatronic system for determining operational changes in engine oil color is a relevant research direction. Such a system would enable the diagnosis of oil service life in engine hours, detection of critical contamination levels, prediction of replacement feasibility, and optimization of maintenance schedules.

Therefore, the main objective of this study is to develop a methodology for resource analysis of engine oil using elements of a mechatronic colorimetric measurement system, which will enhance the reliability of motor vehicles and provide a scientific basis for inter-service maintenance intervals.

The aim of the study

The aim of the study is to develop a scientifically grounded methodology and conduct experimental and comparative research to evaluate the resource indicators of engine oil in the lubrication systems of internal combustion engines using laboratory equipment equipped with elements of a mechatronic system for technical measurements.

To achieve this objective, the following scientific and applied tasks must be addressed:

1. To perform an analysis of existing designs, technical solutions, and scientific studies aimed at determining the operational properties of engine oils based on their color as an indicator of degradation and contaminant accumulation.
2. To develop a laboratory setup for resource analysis of engine oil through instrumental determination of its colorimetric parameters using elements of a mechatronic system.
3. To establish a calibration methodology for the laboratory setup and conduct experimental research with reference to the operating modes of internal combustion engines and the oil service intervals.
4. To justify practical recommendations regarding the application of the laboratory setup for inter-service

diagnostics of engine oil under service and maintenance conditions of motor vehicles.

Materials and methods

The methodology of comparative studies of the physicochemical characteristics of engine oil in internal combustion engine (ICE) lubrication systems is based on the analysis of color changes during operation. For this purpose, the color of the fresh (baseline) oil at the start of operation is compared with the color of the oil after the accumulation of operational service life.

1. Color evaluation as an indicator of engine oil condition

Oil color is considered an important indicator of its quality because it: is the first visible sign of change observed by the operator; may reflect the degree of purification and level of contamination; indicates the presence of mechanical impurities, oxidation products, and fuel residues.

However, color is not a universal criterion for assessing the quality of a lubricant; therefore, its use as a resource-forming indicator (oil service life) requires justification and a standardized measurement methodology.

To enable high-precision determination of liquid color, the following methods are commonly used:

1. Spectrophotometric method – measures light absorption across the entire visible spectrum and constructs a spectral curve (a “color signature”), ensuring high accuracy in color identification and comparison.

2. Colorimetric method – measures light intensity at predefined wavelengths to rapidly determine the concentration of substances based on color depth.

3. Visual comparison – compares a sample with standardized reference scales under regulated lighting conditions.

For standardized measurement of liquids with different transparency levels, specialized color scales are applied: Hazen scale (APHA/Pt-Co) [17] – for evaluating the yellow color intensity of petroleum products and solvents; Gardner scale [17] – for assessing the color of light and yellow-brown liquids (oil, resins, varnish); Saybolt scale [18] – for characterizing very light petroleum products; ASTM D1500 scale [18] – for determining the color of fuel oil, diesel, and lubricants.

In this study, the emphasis is placed on instrumental color determination followed by mathematical conversion into resource indicators of engine oil.

2. Use of the RGB color model and digital methods

To obtain a quantitative description of color, an additive RGB model [19] is applied, where color is formed by combining three fundamental components of light: R – Red, G – Green, and B – Blue.

The total color intensity can be formally expressed as a vector equation:

$$C = rR + gG + bB, \quad (1)$$

where C is the resulting color intensity;

R, G, B are the basic components;

r, g, b are the coefficients of their intensity (saturation).

Considering the characteristics of human visual perception, gamma correction is applied in digital systems to ensure a more adequate correspondence between the physical light intensity and the perceived brightness. The processing of the obtained digital data (including linear and nonlinear transformations) is carried out using methods of digital signal and image processing.

3. Color Measurement Equipment

There is a range of portable color measurement devices used in industry for quality control. One example is the LUTRON RGB-1002 analyzer, which can determine the color of samples in both the RGB and HSL color systems, perform calibration based on a reference sample, and transfer data to a PC via the RS232 interface.

Within this study, a specially designed laboratory setup (Fig. 1) was used to determine the relative indicators of mechanical impurity content in engine oils (and other technical fluids).

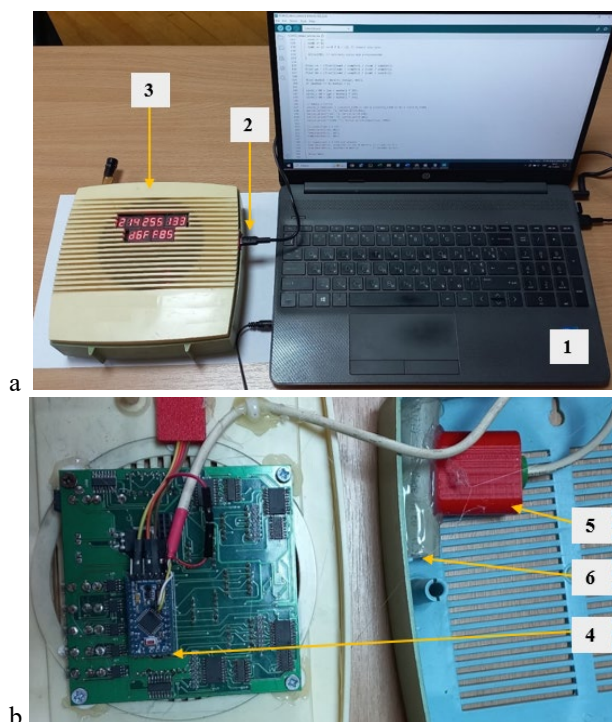


Fig. 1. Laboratory setup for determining impurities in engine oils:

- a) general view of the setup; b) internal view of the setup.
 1 – personal computer; 2 – special cable; 3 – measuring instrument; 4 – controller; 5 – color converter; 6 – sample under investigation.

Oil samples are stored in sealed test tubes (Fig. 3). The following samples were used for calibration:

- transparent reference sample (colorless sample) (Fig. 2a);
- fresh engine oil without operating hours (0 engine hours) (Fig. 2b, c);
- engine oil after reaching the limit service life of the engine (400 engine hours, equivalent to ≈15.000 km of vehicle mileage) (Fig. 2d).

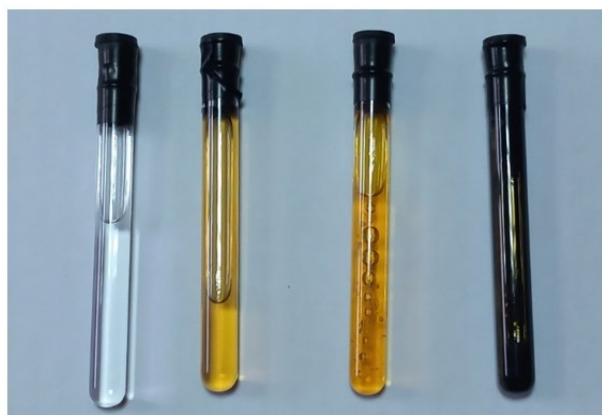


Fig. 2. Samples of the tested fluids:

a – transparent reference sample; b, c – baseline engine oil without operating hours; d – engine oil after the limit service life of the engine.

4. Software and Processing Algorithm

The laboratory software consists of two logical modules:

1. Color Measurement Module, which provides: signal acquisition from the TCS3472 sensor; conversion of raw data into encoded RGB and HSL formats; visualization of the results on a PC screen; data logging for further analysis.

2. Resource Analysis Module – implemented in Microsoft Excel. It performs: mathematical conversion of encoded color parameters into the oil service-life indicator; calculation of the relative impurity saturation level; generation of recommendations regarding the necessity of oil replacement.

The algorithm is designed to compare the color intensity of the tested sample with that of the reference samples (fresh oil and oil with the limit service life), allowing the formation of a correspondence matrix between color and contamination level.

5. Research Procedure

The experimental methodology consists of two main stages:

1) Calibration of the measuring system. The objective of calibration is to establish the boundary range of engine oil color change – from the initial (reference) state to the state of maximum operational contamination with mechanical impurities. For this purpose: the RGB and

HSL color parameters of fresh, unused oil are measured; the corresponding parameters of oil after the limit operating time (400 engine hours) are measured; the obtained values are entered into a specially designed Microsoft Excel spreadsheet, which serves as the basis for constructing a transition scale from “clean” to “contaminated” oil.

2) Practical determination of engine oil condition. Measurements are carried out at specific stages of equipment operation, taking into account load modes, operating conditions, and fuel quality [20].

The oil sample is collected through the dipstick port and placed into the holder of the laboratory device. After data acquisition, the values are entered into the electronic spreadsheet, where the program calculates the relative impurity saturation. Based on this, the system generates a recommendation: continue operation, or perform oil replacement.

The impurity saturation is described by the following functional dependence:

$$H = f(\lambda), \quad (2)$$

where H is the impurity saturation relative to the maximum operational service life, %;

λ is the engine operating time, measured in engine hours.

Thus, the developed methodology enables the correlation of the oil's colorimetric parameters with its resource indicators and allows the obtained dependencies to be applied for diagnosing the condition of the lubricant under actual operating conditions.

Results and discussion

The experimental studies were carried out using VAG Special G 5W-40 engine oil, which was operated in a BSE engine of a 2012 Skoda A5 vehicle. Each measurement was performed in four replications, and the operating range of the engine oil reached up to 400 engine hours, corresponding to approximately 15.000 km of inter-service mileage.

Based on the obtained results, the values of the relative impurity saturation (H) of the engine oil were determined depending on the engine operating time. The summarized results are presented in [Table 1](#).

Table 1

Relative impurity saturation of engine oil (H , %)

Engine operating time, h	0	40	80	120	160	200	240	280	320	360	400
Relative impurity saturation, %											
Experiment 1	2.6	3.85	3.45	5.84	8.97	12.58	20.25	35.25	54	80	100
Experiment 2	2.7	3.88	3.39	5.9	8.9	12.59	20.2	35.2	54	81	99
Experiment 3	2.55	3.79	3.42	5.91	8.91	12.54	20.8	35.3	54.8	82	100
Experiment 4	2.59	3.85	3.49	5.69	9.1	12.6	19.8	35.25	53.8	79	100
Average value	2.61	3.84	3.43	5.83	8.97	12.57	20.26	35.25	54.15	80.5	100

A change in the color of engine oil demonstrates a stable exponential trend, indicating the gradual accumulation of mechanical impurities and wear products. A particularly sharp increase in impurity saturation is observed after 200–240 engine hours, which corresponds to a critical transition zone, where

irreversible changes in the structure of the lubricating layer begin to occur.

Based on statistical data processing, a functional dependence was established ([Fig. 3](#)), which describes the color-based degradation of the lubricant: $H = 1,4065 \cdot e^{0.3913\lambda}$.

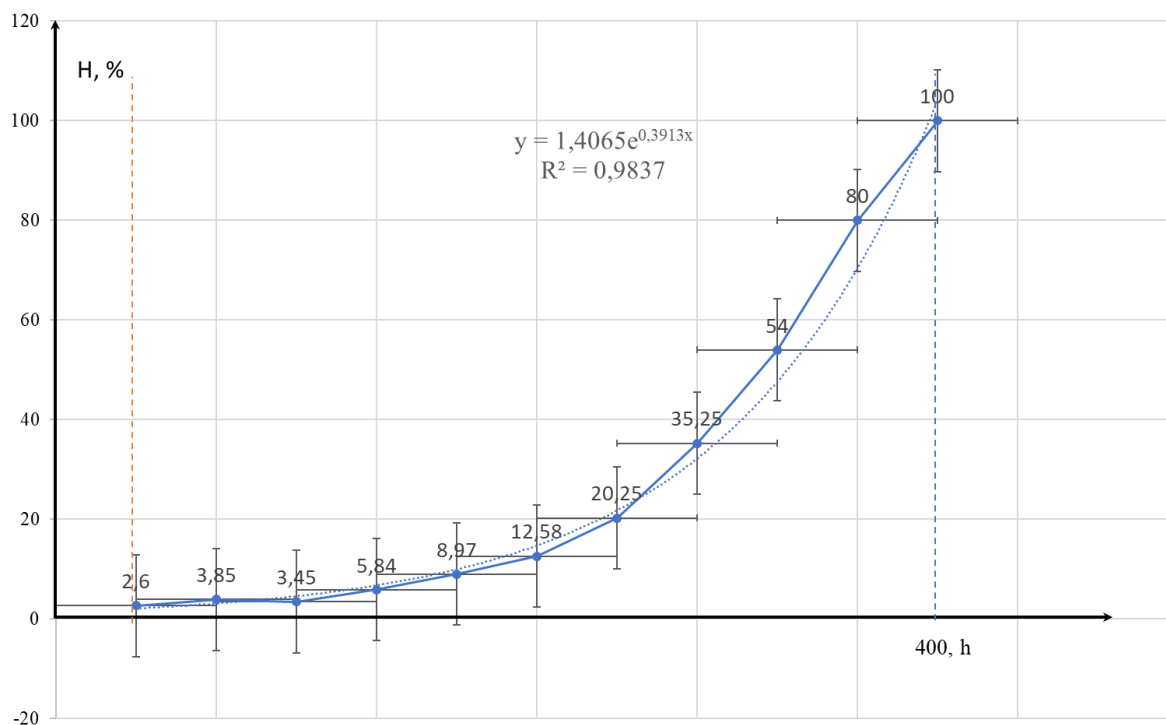


Fig. 3. Graph of impurity saturation in engine oil based on experimental data as a function of ICE operating time under real operating conditions.

The obtained dependence shows that when the operating time exceeds 360–400 engine hours, the lubricant reaches 100 % conditional contamination, which justifies the need for oil replacement regardless of the standard service schedule.

The accuracy of the conducted measurements complies with the general requirements for experimental research, confirms the reproducibility of the results, and allows the obtained data to be used for practical diagnostics of lubricant condition.

To implement the proposed methodology under production conditions, it is advisable to introduce periodic sampling of engine oil and its analysis using the mechatronic laboratory system. This approach enables:

- accounting for real operating conditions;
- evaluation of fuel and lubricant quality;
- monitoring the degree of component wear;
- determining the feasibility of inter-service maintenance;
- preventing engine failures;
- increasing the failure-free operational life of motor vehicles.

Thus, the proposed method may serve as the basis for an applied diagnostic system for ICE condition and as an element of a service-oriented mechatronic system for technical operation support.

Conclusions

1. It has been established that engine oil color can be applied as an informative diagnostic parameter that correlates with the intensity of lubricant degradation and the operating time of the internal combustion engine. The application of a colorimetric approach is appropriate for inter-service monitoring of the technical condition of machinery.

2. A laboratory mechatronic setup has been developed for assessing the contamination level of engine oil and determining its conditional service life in engine hours. It ensures digital color measurement in RGB and HSL systems, automated data processing, and the generation of operational recommendations regarding the feasibility of oil replacement.

3. Based on the experimental results, a consistent exponential trend of lubricant degradation was identified, confirming a clear dependence between oil color and contamination with mechanical impurities. The obtained data are reproducible and comply with the requirements for experimental research.

4. The proposed method for determining engine oil condition based on color allows for consideration of real operating conditions, fuel quality, ICE operating modes, and loading – which cannot be achieved when relying solely on standard service regulations. This opens the possibility of optimizing maintenance schedules.

5. The practical implementation of the methodology under production conditions enables the reduction of component and assembly wear within the ICE, improves the reliability and failure-free operation of vehicles, facilitates inter-service monitoring of technical condition, and reduces repair and maintenance costs.

6. Scientific prerequisites have been formed for the development of mechatronic systems for service diagnostics of technical fluids, which may form the basis for creating intelligent monitoring systems for motor vehicles and agricultural machinery.

Conflict of interest

The author (s) state that there is no conflict of interest.

References

1. Burlaka, O. A., Yakhin, S. V., Padalka, V. V., & Burlaka, A. O. (2021). 100 tons per hour, what is next? Let us compare and analyze characteristics of the latest models of highly productive combine harvesters. *Scientific Progress & Innovations*, 3, 274–288. <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.03.34>
2. Padalka, V., Burlaka, O., Kelemesh, A., & Rozhko, I. (2024). Grain harvesting combiners' use in Poltava region: Analysis and forecasts. *Scientific Progress & Innovations*, 27 (2), 164–169. <https://doi.org/10.31210/spi2024.27.02.28>
3. Bilovod, O., Padalka, V., & Burlaka, O. (2023). Update of the tractor park of the Poltava region, analysis and perspectives. *National Interagency Scientific and Technical Collection of Works. Design, Production and Exploitation of Agricultural Machines*, 53, 186–196. <https://doi.org/10.32515/2414-3820.2023.53.186-196>
4. Burlaka, O. A., Gorbenko, O. V., Kelemesh, A. O., & Burlaka, A. O. (2021). Researching reliability of work of grain harvesters' transport systems elements. *Scientific Progress & Innovations*, 3, 258–264. <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.03.32>
5. Tamilselvan, P., Nallusamy, N., & Sundararajan, R. (2017). A comprehensive review on performance, combustion and emission characteristics of biodiesel-fuelled diesel engines. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 79, 1134–1159. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.176>
6. Mofijur, M., Rasul, M. G., Hyde, J., Azad, K., Mamat, R., & Bhuiya, M. M. K. (2016). Role of biofuel and their binary (diesel–biodiesel) and ternary (ethanol–biodiesel–diesel) blends on internal combustion engines emission reduction. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 53, 265–278. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.08.046>
7. Milojević, S., Savić, S., Marić, D., Stopka, O., Krstić, B., & Stojanović, B. (2022). Correlation between emission and combustion characteristics with the compression ratio and fuel injection timing in tribologically optimized diesel engine. *Tehnički Vjesnik*, 29, 1210–1219. <https://doi.org/10.17559/TV-20211220232130>
8. Zhuravel, D., Samoichuk, K., Petrychenko, S., Bondar, A., Hutsol, T., Kuboń, M., Niemiec, M., Mykhailova, L., Gródek-Szostak, Z., & Sorokin, D. (2022). Modeling of diesel engine fuel systems reliability when operating on biofuels. *Energies*, 15 (5), 1795. <https://doi.org/10.3390/en15051795>
9. Can, Ö. (2014). Combustion characteristics, performance and exhaust emissions of a diesel engine fueled with a waste cooking oil biodiesel mixture. *Energy Conversion and Management*, 87, 676–686. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2014.07.066>
10. Marchenko, D. D. (2018). Impact of oil purification quality on the engine life of diesel engines in automotive transport. *European Journal of Intelligent Transportation Systems*, 1 (1), 27–29. https://doi.org/10.31435/rsglobal_ejits/30112018/6220
11. Sun, H., Zheng, Z., Li, J., Li, G., Wang, X., & Yao, M. (2024). Investigation of the effect of injection rate shaping on combustion and emissions in heavy-duty diesel engine under steady and transient conditions. *International Journal of Engine Research*, 25 (8), 1623–1637. <https://doi.org/10.1177/14680874241241562>
12. Jang, J., Lee, Y.-J., Kwon, O., Lee, M., & Kim, J. (2014). The effect of engine oil on particulate matter, emissions and fuel economy in gasoline and diesel vehicle. SAE Technical Paper Series, 1. <https://doi.org/10.4271/2014-01-2837>
13. Ntziachristos, L., Amanatidis, S., Samaras, Z., Janka, K., & Tikkänen, J. (2013). Application of the Pegasor particle sensor for the measurement of mass and particle number emissions. *SAE International Journal of Fuels and Lubricants*, 06 (2), 521–531. <https://doi.org/10.4271/2013-01-1561>
14. Smigins, R., Amatnieks, K., Birkavs, A., Górski, K., & Kryshchop, S. (2023). Studies on engine oil degradation characteristics in a field test with passenger cars. *Energies*, 16 (24), 7955. <https://doi.org/10.3390/en16247955>
15. Peng, Y., Wu, T., Wang, S., & Peng, Z. (2015). Oxidation wear monitoring based on the color extraction of on-line wear debris. *Wear*, 332–333, 1151–1157. <https://doi.org/10.1016/j.wear.2014.12.047>
16. Kumar, A., & Ghosh, S. K. (2016). Oil condition monitoring for HEMM – a case study. *Industrial Lubrication and Tribology*, 68 (6), 718–722. <https://doi.org/10.1108/ilt-09-2015-0124>
17. ASTM International. (2018). *ASTM D1544-04(2018): Standard test method for color of transparent liquids (Gardner color scale)*. Retrieved from: <https://store.astm.org/d1544-04r18.html>
18. ASTM International. (2020). *ASTM D6045-20: Standard test method for color of petroleum products by the automatic tristimulus method*. Retrieved from: <https://store.astm.org/d6045-20.html>
19. Prokopyshyn, I. A., Rykaliuk, R. Ye., Chekurin, V. F., & Chervinka, K. A. (2023). *Fundamentals of information theory and coding (Electronic ed.)*. Lviv: Ivan Franko National University of Lviv.
20. Dmitriyov, V., Dudnikov, I., & Padalka, V. (2018). Recycling of exhaust components of cars and tractors technology and technological machines of agrarian productions. *Scientific Progress & Innovations*, 3, 149–152. <https://doi.org/10.31210/visnyk2018.03.23>

ORCID

- V. Padalka  <https://orcid.org/0000-0002-4135-3318>
O. Gorbenko  <https://orcid.org/0000-0003-2473-0801>
O. Ivanov  <https://orcid.org/0000-0002-1761-9913>
M. Chumak  <https://orcid.org/0009-0005-4273-5130>



2025 by the author(s). This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

Журнал

«Scientific Progress & Innovations»

Том 28, № 4
2025

Підписано до друку з оригінал-макета 26.12.2025

Тираж 200 прим. Зам. № 4
Ум. друк. арк. 13,79. Формат 60х90/8

Відповідальний редактор: Мельничук В. В.
Літературний редактор: Дедушно А. В.
Куратор з індексів DOI: Коваленко В. О.
Комп'ютерна верстка та дизайн: Мельничук В. В.

Видавець і виготовлювач:

Полтавський державний аграрний університет
Адреса: 36003, вул. Сковороди, 1/3, м. Полтава, Україна
Тел. (0532) 500273, E-mail: pdau@pdau.edu.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 7933 від 13.09.2023 р.